

UNIVERSITÉ DE LYON

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE — N° 94

INSTITUT D'HYDROLOGIE DE LYON

ÉTUDE SUR LES

EAUX MINÉRALES

OU RÉPUTÉES TELLES

du Département de la Loire

THÈSE

POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

(SECTION DE PHARMACIE)

Présentée et soutenue publiquement devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie

Le 15 Mars 1924

PAR

Paul BRESSAND

Né le 21 Avril 1898, au Côtéau (Loire)

Pharmacien

Ex-Pharmacien Adjoint des Hôpitaux de Lyon

Diplômé de Bactériologie de l'Université de Lyon



LYON

IMPRIMERIE L. BASCOU

42 44, Rue Sala, 42-44

1924

ETUDE
SUR LES
EAUX MINÉRALES
OU RÉPUTÉES TELLES
du Département de la Loire

UNIVERSITÉ DE LYON

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE — N° 94

INSTITUT D'HYDROLOGIE DE LYON

ÉTUDE SUR LES

EAUX MINÉRALES

OU RÉPUTÉES TELLES

du Département de la Loire

THÈSE

POUR LE DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE LYON

(SECTION DE PHARMACIE)

Présentée et soutenue publiquement devant la Faculté de Médecine et de Pharmacie

Le 15 Mars 1924

PAR

Paul BRESSAND

Né le 21 Avril 1898, au Côtéau (Loire)

Pharmacien

Ex-Pharmacien Adjoint des Hôpitaux de Lyon

Diplômé de Bactériologie de l'Université de Lyon



LYON

IMPRIMERIE L. BASCOU

42-44, Rue Sala, 42-44

1924

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

Doyen honoraire : M. HUGOUNENQ
 Doyen MM. J. LEPINE.
 Assesseur ROQUE.



PROFESSEURS HONORAIRES

MM. AUGAGNEUR, CAZENEUVE, BEAUVISAGE,
 LACASSAGNE, TESTUT, FLORENCE (A.), TEISSIER.

PROFESSEURS

Cliniques médicales.	MM. BARD.
Cliniques chirurgicales	ROQUE.
Clinique obstétricale et Accouchements.	TIXIER.
Clinique ophtalmologique	BÉRARD.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.	COMMANDEUR
Clinique neurologique et psychiatrique.	ROLLET.
Clinique des maladies des enfants.	NICOLAS.
Clinique des maladies des femmes.	LÉPINE (J.).
Clinique d'oto-rhino-laryngologie.	WEILL.
Clinique des maladies des voies urinaires.	VILLARD.
Clinique chirurgicale, infantile et orthopédie	LANNOIS.
Physique biologique, Radiologie et Physiothérapie	ROCHET.
Chimie biologique et médicale.	NOVÉ JOSSEURAND
Chimie organique et Toxicologie	CLUZET.
Matière médicale et Botanique	HUGOUNENQ.
Parasitologie et Histoire naturelle médicale.	MOREL.
Anatomie	BRETIN.
Histologie.	GUIART.
Physiologie	LATARJET.
Pathologie interne.	POLICARD.
Pathologie et Thérapeutiques générales	DOYON.
Anatomie pathologique	COLLET.
Chirurgie opératoire	MOURIQUAND.
Médecine expérimentale et comparée et Bactériologie.	PIVOT.
Médecine légale	X.
Hygiène	ARLOING (F.)
Thérapeutique, Hydrologie et Climatologie.	MARTIN (Etienne).
Pharmacologie	COURMONT (P.).
	PIC.
	X.

PROFESSEURS TITULAIRES SANS CHAIRE

Chargé d'un cours de Pathologie externe	VALLAS.
— Propédeutique de gynécologie	CONDAMIN.
— Chimie minérale	BARRAL,
— Urologie	GAYET.

CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

Anatomie topographique	PATEL,
Orthopédie	LAROYENNE
Puériculture et Hygiène de la première enfance	CHATIN
Chirurgie expérimentale	LERICHE.
Stomatologie	TELLIER.

AGRÉGÉS

MM.	MM.	MM.	MM.
NOGIER	COTTE	ROUBIER	DUNET
THÉVENOT (Léon)	DUROUX	FAVRE	CHALIER (André)
GARIN	TRILLAT	RONNET	CHALIER (Joseph)
SAVY	SARVONAT	RHENTER	NOEL
FROMENT	FLORENCE (G.)	LEULIER	CORDIER (Pierre)
THÉVENOT (Lucien)	ROCHAIX	MAZEL	
PIÉRY	CORDIER (V.)	SANTY	

M. BAYLE, Secrétaire.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

MM. BARRAL, Président ; BRETIN, Assesseur ;
 MM. PIÉRY et LEULIER, Agrégés.

La Faculté de Médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

A LA MÉMOIRE DE MON GRAND-PÈRE

A MON PÈRE ET A MA MÈRE

En témoignage de profonde reconnaissance
et d'affection filiale.

A MES FRÈRES

MAURICE ET ANDRÉ

A NOTRE MAÎTRE ET PRÉSIDENT DE THÈSE

MONSIEUR LE PROFESSEUR E. BARRAL

Professeur de Chimie Minérale

Chevalier de la Légion d'Honneur

A MONSIEUR LE PROFESSEUR PH. BRETIN

Professeur de Matière Médicale et Botanique

A NOS JUGES

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ PIÉRY

MONSIEUR LE PROFESSEUR AGRÉGÉ LEULIER

AVANT-PROPOS

Au moment de quitter définitivement cette Faculté où nous avons poursuivi nos études pharmaceutiques, c'est pour nous un devoir agréable d'adresser à tous nos Professeurs l'assurance de notre profonde gratitude.

Nous prions en particulier notre Maître, M. le Professeur BARRAL, qui a bien voulu nous ouvrir son laboratoire et accepter la présidence de notre jury de thèse, de trouver ici l'expression de notre bien vive reconnaissance et de nos sincères remerciements. Après nous avoir indiqué un sujet d'étude, ce maître n'a cessé de nous guider de ses bons conseils pendant nos recherches.

Nous remercions M. le Professeur CLUZET, qui nous a permis d'effectuer dans son laboratoire nos déterminations physiques, ainsi que M. le Docteur KOFMAN, qui nous a aidé de son expérience.

Nos remerciements vont enfin à notre ami, le Docteur CHAMBON, pharmacien-chef de l'Hôtel-Dieu, pour la bienveillance qu'il nous a toujours témoignée et le bon accueil qu'il nous fit dans son laboratoire.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

INTRODUCTION

Les sources d'eaux minérales ou réputées telles sont très nombreuses dans le département de la Loire, et elles furent déjà l'objet de quelques études. Mais il n'existe pas encore de monographie spéciale de ces eaux. Une tentative fut cependant faite dans ce sens : en 1886, M. Malègue, pharmacien, présentait à l'Ecole de Montpellier, un *Essai d'études sur les eaux minérales des départements de la Loire, Haute-Loire et Allier*. Cette thèse, déjà ancienne, est très succincte, et les sources de la Loire sont trop rapidement passées en revue. Toutes les autres recherches, antérieures ou postérieures, faites sur ce sujet, sont éparses un peu partout dans des ouvrages généraux ou dans des revues locales. Aussi avons-nous accepté avec plaisir la proposition que nous fit M. le Professeur Barral de nous occuper de ces sources, dont la plupart nous étaient connues de nom tout au moins. Au cours de nos recherches, nous eûmes la crainte

d'avoir été devancé. En effet au début de 1923 paraissait un ouvrage intitulé « Histoire des eaux minérales du Forez », de M. Gras, secrétaire général de la Chambre de Commerce de Saint-Etienne. Heureusement pour nous, les eaux minérales du Forez (et du Beaujolais) sont un vaste sujet d'études; l'auteur ne se place pas au même point de vue que nous. Il s'est occupé presque uniquement de la question historique que nous avons d'ailleurs, pour cette raison, quelque peu négligée.

Nos recherches ont porté plus spécialement sur l'étude analytique des eaux minérales de la Loire. La plupart d'entre elles (les plus importantes tout au moins) ont été analysées à diverses reprises. Pour chacune d'elles nous reproduirons quelques résultats choisis parmi les plus dignes d'intérêt, puis nous signalerons les différences ou les changements de composition que nos recherches personnelles auraient pu nous faire constater. Enfin, la détermination de certaines propriétés chimiques ou physiques non encore effectuées, complètera notre étude.

CHAPITRE PREMIER

Généralités sur les Eaux Minérales

D'après Richard de la Prade, « on désigne sous le nom d'eau minérale celle dont la saveur fait une impression assez sensible sur l'organe du goût pour indiquer la présence de quelques corps minéraux ». Cette définition traduit exactement l'appréciation populaire et nous explique bien comment il se fait que certaines sources ne possédant aucune propriété bien spéciale soient qualifiées de minérales. La distinction entre les eaux ordinaires et les eaux minérales est d'ailleurs assez difficile et peu nette. Certaines eaux sulfurées sodiques sont très peu minéralisées (0 gr. 15 par litre parfois) et il n'est pas d'eau naturelle qui ne contienne des proportions plus ou moins grandes de substances dissoutes. Certaines eaux ayant traversé des terrains secondaires peuvent contenir jusqu'à 0 gr. 50 de sels par litre et pourtant elles ne sauraient être qualifiées de minérales. Le terme de minéral n'a donc pas un caractère bien précis et nous

pensons que celui de « médicinal » proposé par Chevreul serait souvent plus exact. Nous qualifierons alors d'eau minérale (ou médicinale) celle tenant en dissolution des substances capables de lui conférer des propriétés thérapeutiques diverses.

Une étude détaillée sur l'origine et la formation des sources minérales nous entraînerait trop loin et serait hors du cadre de notre sujet. Nous nous contenterons de rappeler qu'il faut considérer deux origines possibles de ces eaux :

Les unes (comparables en cela aux eaux de sources ordinaires) sont superficielles, proviennent des pluies ou des cours d'eau qui s'infiltrent dans le sol. Elles traversent de nombreux terrains au contact desquels elles se chargent en éléments minéraux jusqu'au moment où, rencontrant une faille, la pression qu'exerce leur masse les fait remonter à la surface du sol et jaillir comme une source artésienne.

D'autres au contraire ont une origine beaucoup plus profonde et proviennent des régions ignées du centre de la terre. Elie de Beaumont, dès 1847, avait entrevu cette explication volcanique de certaines eaux minérales. « Elles paraissent être la manifestation incessante des réactions chimiques qui se passent à l'intérieur du globe en même temps qu'un produit de l'immense foyer où s'élaborent les formations éruptives de l'époque actuelle. » Mais c'est à Armand Gautier que revient l'honneur d'avoir complété et démontré en 1906 par des expériences de laboratoire, ces données quelque peu vagues et hypothétiques. D'après cet auteur il faut considérer les eaux minérales comme

le résultat d'une véritable distillation pyrogénée des roches primitives. L'écoulement régulier de ces sources serait dû à l'action lente et continue du feu central sur ces roches anciennes qui, tour à tour, perdent et récupèrent leur eau de constitution suivant les oscillations de température et de pression.

Telles sont les deux origines actuellement admises des eaux minérales. Dans l'un et l'autre cas le point d'émergence de ces sources se trouve dans des régions de failles ou de fractures par lesquelles les eaux peuvent remonter à la surface. Un coup d'œil rapide sur la constitution géologique du département de la Loire et sur la situation des stations hydrominérales nous montrera que toutes les sources minérales vraiment dignes de ce nom jaillissent par des fractures de terrains primitifs.

CHAPITRE II

Constitution Géologique du Département de la Loire

Un aperçu très succinct de la constitution géologique du département de la Loire est indispensable avant d'aborder l'étude des sources minérales. Il nous permettra de mieux les situer et de mieux comprendre leur origine et leur nature. Nous nous sommes inspiré des recherches très détaillées qu'a faites Gruner, ingénieur des mines, et des conclusions qu'il expose dans son ouvrage : « Description géologique et minéralogique du département de la Loire », paru en 1857.

Situé sur le versant septentrional du plateau central de la France, le département de la Loire est parcouru dans sa plus grande longueur du sud au nord par le fleuve dont il porte le nom.

On peut y distinguer trois régions : des montagnes, des plateaux et des plaines ou bassins plats.

Les montagnes forment trois massifs principaux : celui du Forez, séparant le bassin de la Loire de celui de l'Allier ; la chaîne du Pilat, isolant les vallées de

la Loire et du Rhône, et les monts du Beaujolais entre la Loire et la Saône.

Enfin en descendant le cours du fleuve nous rencontrons successivement du sud au nord : un premier plateau, celui de Saint-Etienne s'étendant du pied du Pilat à la base des montagnes du Forez, auquel succède une large plaine, la plaine de Feurs. Un second plateau, celui de Neulize, relie ensuite transversalement les monts du Forez aux monts du Beaujolais, la Loire s'y est creusé un lit aux abords escarpés. Enfin la plaine de Roanne s'étend au loin vers le nord.

En étudiant la constitution géologique nous voyons qu'à ces trois régions distinctes (montagnes, plateaux et plaines) correspondent des terrains de périodes différentes. Les montagnes appartiennent à la période ancienne et sont constituées par des terrains azoïques et paléozoïques inférieurs et par quelques roches éruptives de la même époque (pegmatites et granites).

Les plateaux sont de l'époque paléozoïque supérieure représentée par le seul système carbonifère (calcaire carbonifère, étage houiller inférieur et terrain houiller proprement dit) et par des porphyres granitoïdes et quartzifères.

Les plaines appartiennent à la période tertiaire. On y trouve des sables, argiles et calcaires lacustres de la formation miocène. Des basaltes, roches éruptives de la même époque, forment dans la plaine de Feurs quelques monticules isolés. Des alluvions quaternaires couvrent en lambeaux épars quelques régions basses.

Enfin, pour être complet, nous citerons une étroite

zone de terrains secondaires appartenant au lias et à l'oolithe inférieur (jurassique) que l'on trouve entre la plaine et le flanc des plateaux ou des montagnes.

Telles sont dans leurs grandes lignes les traits principaux de la structure générale et de la constitution géologique du département de la Loire. En rapprochant ces données de ce que nous disions dans le chapitre précédent sur la formation des eaux minérales il nous est facile maintenant de comprendre la présence de si nombreuses sources ainsi que leur origine. Nous avons vu qu'elles se rattachent d'ordinaire aux roches ignées et que leur point d'émergence se trouve dans des régions de failles par lesquelles les eaux peuvent remonter à la surface. C'est précisément sur les grandes lignes de fracture, c'est-à-dire à la base des chaînes de montagne, formées de roches anciennes généralement éruptives (granites, pegmatites, etc.) que nous trouvons toutes les sources minérales de la Loire vraiment dignes de ce nom : ce sont, au pied de la chaîne du Forez, celles de Moingt, Montbrison et Sail-sous-Couzan ; à la base des monts de la Madeleine, celles de Saint-Alban et Sail-lès-Châteaumorand ; sur la lisière occidentale des monts du Beaujolais, celles de Saint-Galmier et Salt-en-Donzy ; au pied du plateau de Neulize, celle de Saint-Priest-la-Roche. Toutes ces eaux sont froides, bicarbonatées calciques ou bicarbonatées mixtes et riches en acide carbonique libre, sauf cependant celles de Sail-lès-Châteaumorand et Salt-en-Donzy qui ne contiennent pas d'acide carbonique libre et sont thermales (Sail-lès-Châteaumorand, 34° ; Salt-en-Donzy, 16°).

Montrond semble faire exception. En effet, cette source thermique, bicarbonatée, très importante, jail-
lit au milieu de la plaine tertiaire de Feurs. Mais
nous verrons en l'étudiant, qu'elle aussi se rattache
aux terrains anciens d'origine éruptive.

Au contraire, dans les terrains plus récents, dans
les plaines tertiaires formées de sédiments, nous ne
trouvons que des eaux minérales sans importance.
Ces sources, peu abondantes, froides, faiblement char-
gées en éléments minéralisateurs, généralement fer-
rugineuses, parfois sulfureuses, méritent à peine le
qualificatif de minérales. Certaines même n'existent
qu'à l'état de souvenir. Citons : la source des Quatre,
à côté de Feurs ; celle de Charlieu, et également
celles aujourd'hui disparues de Roanne, Perreux et
Saint-Cyprien.

CHAPITRE III

Classification des Sources Minérales

Le rapide coup d'œil que nous venons de jeter sur la constitution géologique du département de la Loire nous laisse prévoir une grande richesse hydro-minérale. En effet les stations sont très nombreuses et certaines comptent souvent à elles seules plusieurs sources différentes.

Toutes n'ont d'ailleurs pas la même importance et nous verrons que le nombre des sources exploitées est relativement faible. La cause de cette non utilisation semble résider précisément dans cette trop grande abondance de stations hydro-minérales et dans le peu de variété des sources. Toutes ces eaux ayant la même origine ont par là même une composition chimique à peu près semblable. Il s'en suit une grande concurrence.

Pour étudier ces sources nous les classerons en deux catégories correspondant d'ailleurs à leur ori-

gine géologique : les sources bicarbonatées des terrains anciens ; les sources ferrugineuses des terrains tertiaires.

Les sources bicarbonatées rencontrées dans le département de la Loire sont toutes des sources bicarbonatées mixtes, c'est-à-dire dont le principe dominant est un mélange en proportions variables de bicarbonates alcalins (sodium et potassium) et de bicarbonates terreux (calcium). Ces sources sont généralement gazeuses grâce à un excès d'acide carbonique qu'elles contiennent. Elles renferment toujours une certaine proportion de chlorures et sulfates alcalins. Elles ont une origine profonde et ont toujours des relations très étroites avec les terrains volcaniques. Il est dès lors facile d'expliquer la présence des trois acides chlorhydrique, carbonique et sulfurique qui forment la base de leur minéralisation. Ce sont, en effet, précisément ceux que l'on trouve dans les émanations volcaniques.

D'après Armand Gautier, les réactions successives aboutissant à la formation de ces eaux seraient les suivantes : le chlorure de sodium, produit sans cesse par le feu central, agit sur la silice en présence de vapeur d'eau à très haute température et donne naissance à du silicate de soude. Ce silicate n'est attaqué au rouge ni par l'acide chlorhydrique ni par l'acide carbonique, mais dans les régions plus élevées, dès que la température est suffisamment descendue pour permettre la condensation de la vapeur d'eau, le silicate est dissous par l'eau ainsi formée et est attaqué par l'acide carbonique. Il se forme de la silice insoluble

et du bicarbonate de soude qui reste en solution. C'est donc grâce à l'action de l'acide carbonique, d'origine éminemment volcanique, que la silice après avoir subi les transformations indiquées, ou que les feldspaths (silicates alumino-alcalins ou alumino-terreux) existant dans le sol sont transformés en bicarbonates alcalins ou terreux solubles.

Les sources minérales rencontrées dans les terrains tertiaires sont généralement ferrugineuses. Elles sont loin d'avoir la même importance que les précédentes. Leur origine est la même que celle des sources ordinaires : elles sont superficielles et proviennent des pluies ou des cours d'eau qui s'infiltrèrent dans le sol. Leur débit est faible ; leur minéralisation insignifiante est formée de sels ferreux et accessoirement de chlorures alcalins, parfois de sulfates dont la réduction par les matières organiques donne naissance à des sulfures. Elles laissent déposer autour de leur point d'émergence de l'oxyde de fer et c'est ce dépôt qui les fait remarquer et leur vaut le qualificatif de minérales. Leur existence est en général éphémère.

CHAPITRE IV

Méthodes de Recherches

L'analyse complète d'une eau minérale est une opération longue et délicate. Les éléments minéralisateurs sont en effet nombreux ; certains existent seulement à l'état de traces, d'où la nécessité de concentrer par évaporation une quantité assez grande d'eau pour faciliter les recherches.

Une première série d'opérations se fait à la source au moment du prélèvement des échantillons : après avoir noté le mode de captage, le débit, on étudie les propriétés physiques et organoleptiques des eaux (température, densité, limpidité, odeur, saveur). Enfin on fait sur place la détermination de certaines propriétés susceptibles d'altération ou de modification : émanation radioactive provenant du thorium et actinium qui disparaît en quelques secondes, dosage de l'acide carbonique libre et dosage des gaz.

Les autres déterminations se font au laboratoire sur l'eau recueillie dans des récipients parfaitement pro-

pres et transportée le plus rapidement possible et à une température aussi basse que possible. C'est là la partie la plus importante de l'étude, celle de l'analyse chimique proprement dite.

Cette analyse sera utilement complétée par des déterminations physiques assez longtemps négligées mais qui cependant présentent un réel intérêt car elles permettent de contrôler les résultats fournis par l'analyse, et surtout de suivre facilement les variations de composition des eaux. Ce sont la conductivité électrique, la cryoscopie, la détermination du P_H , etc.

Enfin la recherche et le dosage de la radioactivité termineront cette étude.

I. — ANALYSE CHIMIQUE

Nous allons indiquer de façon succincte les méthodes d'analyse donnant les résultats les plus précis, renvoyant pour plus de détails sur le mode opératoire aux ouvrages spéciaux d'analyse des Professeurs : Barral, A. Florence, Denigès et de Frésenius.

Essais de Potabilité.

Avant toute autre recherche il faut voir si les eaux sont potables. Etant donnée leur origine les eaux minérales répondent toujours aux essais de potabilité, mais il peut arriver que par suite d'un mauvais captage ces eaux soient souillées par des eaux d'infiltration et deviennent de ce fait impropres à l'usage et même dangereuses.

Et tout d'abord l'examen bactériologique fournit de précieux renseignements. En effet, à part quelques eaux sulfureuses contenant des algues particulières (barégine, sulfuraires) les eaux minérales sont stériles ; la présence de bactéries indiquerait une contamination.

Enfin la recherche des nitrites, le dosage de l'azote ammoniacal et organique et des matières organiques termineront les essais de potabilité.

NITRITES. — De nombreux réactifs peuvent être employés pour cette recherche (Tromsdorff, Griess). Celui de Lombard nous a semblé présenter la plus grande sensibilité. La réaction est basée sur la diazotation de l'acide sulfanilique par l'acide nitreux en liqueur acide et la copulation du phénol avec ce diazoïque en milieu ammoniacal, avec production d'une matière colorante jaune orangé (tropéoline) (*Bulletin de la Soc. de Chimie*, 4^e série, t. XIII, page 304, 1913). On ajoute à 50 centimètres cubes d'eau à analyser 1 cc de réactif. Après un quart d'heure de contact on ajoute un léger excès d'ammoniaque et l'on agite. En présence de nitrites il se forme une coloration jaune d'autant plus intense que la quantité de nitrites est plus grande.

AZOTE AMMONIACAL ET AZOTE ORGANIQUE. — On distille 500 cc d'eau en présence de magnésie en recueillant 50 cc dans un tube de Nessler (Az ammoniacal).

On alcalinise le résidu par la potasse et l'on ajoute une solution de permanganate. On distille et recueille dans un tube de Nessler (Az organique).

On ajoute à chacun des distillats 2 cc de réactif de Nessler qui donne une coloration jaune d'autant plus intense que la quantité d'ammoniaque est plus grande. Le dosage se fait par colorimétrie en comparant avec la teinte donnée par une solution titrée de chlorure d'ammonium.

MATIÈRES ORGANIQUES. — Le dosage par le permanganate de potasse est le plus usité parce que le plus simple. Les résultats fournis sont très suffisants à condition toutefois d'opérer dans des conditions de température et de durée de contact bien déterminées. On fait deux dosages : *En liqueur acide* les matières organiques complexes sont seules attaquées tandis que les plus simples (urée, acides amidés, acide benzoïque) restent à peu près inaltérées. *En liqueur alcaline* au contraire tous ces produits sont décomposés. Une réduction plus grande dans le deuxième cas que dans le premier indiquera une contamination probable par des eaux d'infiltration.

Le mode opératoire est très simple : deux ballons contenant l'un 200 cc, l'autre 100 cc d'eau sont additionnés de 10 cc d'acide sulfurique au quart et de 10 cc de solution titrée de permanganate de potasse. On porte à l'ébullition 10 minutes exactement. Après refroidissement on ajoute dans chaque ballon 10 cc de solution de sulfate ferreux pour décolorer. Au moyen d'une burette on fait tomber goutte à goutte la solution de permanganate jusqu'à coloration très légèrement rose. La différence entre les volumes de per-

manganate employés dans chaque ballon indique la quantité d'oxygène absorbé par 100 cc d'eau.

On recommence la même opération en remplaçant l'acide sulfurique par une solution de bicarbonate de soude et l'on obtient ainsi la quantité d'oxygène absorbée en milieu alcalin.

Après avoir effectué ces recherches de potabilité on abordera l'analyse chimique proprement dite.

Analyse Qualitative

Elle se fera sur le résidu de l'évaporation d'un litre d'eau, en suivant les méthodes habituelles.

Analyse Quantitative

RÉSIDU SEC. — On évapore à siccité au B. M. dans une capsule tarée (en platine si possible ou à défaut en verre) 100 cc à 200 cc d'eau exactement mesurés. On laisse refroidir dans l'exsiccateur et pèse. On a ainsi le *résidu à 100°*. Puis on porte à 180° dans l'étuve : certains sels (ceux de Mg par exemple) ne perdent leur eau de cristallisation qu'à cette température. Après refroidissement dans l'exsiccateur on pèse : on a ainsi le *résidu à 180°*. Enfin, si l'on a opéré dans une capsule en platine on peut porter au rouge sombre et obtenir ainsi le *résidu fixe*, ce qui d'ailleurs ne présente pas grand intérêt.

DÉTERMINATION ET DOSAGE DES GAZ. — Cette opération doit se faire en recueillant à la source même les

gaz, dans une éprouvette graduée, sur la cuve à mercure. On introduit successivement au moyen d'un fil de platine divers réactifs qui absorbent les uns après les autres ces divers gaz : une simple lecture du volume restant permet de connaître la quantité de gaz absorbée. C'est ainsi qu'une pastille de potasse humide enlèvera CO_2 et H_2S , une petite boulette de papier filtre imprégnée de solution alcaline de pyrogallate de potasse enlèvera l'oxygène. L'azote et les gaz rares pourront alors être séparés d'après les méthodes spéciales indiquées par Moureu.

ACIDE CARBONIQUE. — L'acide carbonique peut exister sous trois états : libre, semi-combiné, combiné. Le dosage de l'*Acide Carbonique libre* ne présente pas un grand intérêt. En effet, malgré la circulaire du Ministre de l'Intérieur en date du 4 décembre 1894 interdisant la gazéification des eaux minérales, la plupart des eaux bicarbonatées sont saturées d'acide carbonique sous pression. Le Service de la Répression des Fraudes tolère cet usage lorsque l'acide carbonique « ne contient pas d'éléments nuisibles ». On obtient ainsi des eaux d'une conservation plus facile et aussi d'une plus grande action physiologique.

Pour doser l'*Acide Carbonique total* on prélève l'eau dans une bouteille jaugée contenant au préalable une solution ammoniacale de chlorure de baryum. Il se forme un précipité de carbonate et de sulfate de baryum ; on traite par l'acide chlorhydrique qui dissout le carbonate de baryum ; cette solution est additionnée d'acide sulfurique dilué qui précipite le ba-

ryum à l'état de sulfate que l'on lave, calcine et pèse. On déduit la quantité d'acide carbonique initial.

On peut doser l'*Acide Carbonique libre et celui des Bicarbonates* en traitant par l'eau de baryte qui ne précipite pas les carbonates neutres. Le précipité est lavé, dissous dans l'acide chlorhydrique et transformé par une solution diluée d'acide sulfurique en sulfate que l'on lave, sèche et pèse.

DOSAGE DU SOUFRE.

Le soufre peut exister dans les eaux sous quatre états :

Hydrogène sulfuré, Sulfures, Hyposulfites et Sulfates.

A) HYDROGÈNE SULFURÉ, SULFURES ET HYPOSULFITES. — Se rencontrent généralement associés en proportions diverses dans les eaux dites sulfureuses. Ces eaux sont très instables et leur analyse doit être rapide. Le dosage de ces dérivés du soufre est basé sur la méthode iodométrique.

On peut effectuer un DOSAGE GLOBAL : 100 cc d'eau sont additionnés de 5 cc de solution N/10 ou N/50 d'Iode. On dose l'excès d'Iode non transformé au moyen d'une solution N/10 ou N/50 d'Hyposulfite de soude en ajoutant, lorsque la coloration jaune a presque complètement disparu, quelques gouttes d'une solution très limpide d'empois d'amidon comme réactif indicateur.

SOUFRE DES SULFURES ET HYPOSULFITES. — On chasse l'Hydrogène sulfuré libre par un courant d'Hydrogène

à l'ébullition. On refait le dosage comme précédemment.

Dans ces deux dosages : deux molécules d'Iode se combinent à une molécule d'hydrogène sulfuré, de sulfure ou de sulfite pour donner deux molécules d'Acide Iodhydrique.

Donc :

127 d'Iode correspondent à $34/2 = 17$ d' H^2S

Dans des solutions trop riches en H^2S (plus de 500 mgr. par litre) ou en SO^2 (plus de 100 mgr. par litre) la réaction est réversible.

SOUFRE DES HYPOSULFITES. — Après avoir chassé l'hydrogène sulfuré comme pour l'opération précédente, on ajoute du carbonate de plomb qui précipite les sulfures laissant seul l'hyposulfite en solution. On fait un dosage iodométrique.

Dans ce dosage : deux molécules d'Iode se combinent à deux molécules d'hyposulfite pour donner une molécule de tétrathionate de soude incolore.

Donc :

127 d'Iode correspondent à $32/2 = 16$ de Soufre

1 d'Iode = 0,883 d'ion $S^2O_4^{2-}$

Nous voyons quelle importance il y a dans une analyse à faire une distinction très nette entre le coefficient donnant le soufre des sulfures et sulfites et le coefficient donnant le soufre des hyposulfites.

B) ACIDE SULFURIQUE. — On le dose à l'état de sulfate de baryum, en traitant à l'ébullition l'eau, préalablement concentrée, par une solution de chlorure de

baryum. Le précipité est recueilli, lavé à l'eau bouillante, desséché, calciné et pesé.

SILICE.

On évapore à siccité un à deux litres d'eau. On ajoute un excès d'HCl et l'on évapore à sec à 110° de manière à insolubiliser la silice. On reprend ce résidu par de l'eau distillée additionnée d'acide chlorhydrique, filtre et lave le précipité en ajoutant les eaux du lavage à la solution. Le précipité bien lavé est calciné et l'on pèse la silice, SiO^2 .

On vérifiera la pureté de la silice obtenue : on ajoute du Fluorure de Sodium pur et un peu de SO^4H^2 . On chauffe ; si la silice est pure elle se volatilise complètement au rouge à l'état de Fluorure de Silicium. Les bases resteraient dans la capsule à l'état de sulfates ainsi que l'acide Titanique s'il y en avait (Berzelius).

FER ET ALUMINIUM.

La liqueur séparée du précipité de Silice est additionnée de quelques gouttes d'acide azotique pour peroxyder le Fer et traitée après refroidissement par du chlorure d'ammonium et de l'ammoniaque en excès. Le précipité obtenu contient le Fer et l'Aluminium, mais dans certaines conditions on peut entraîner de petites quantités de chaux et de magnésie ; aussi est-il bon de faire une nouvelle précipitation dans les mêmes conditions après avoir dissous le premier précipité obtenu dans un peu d'acide chlorhydrique dilué. Ce deuxième précipité formé d'oxyde de

Fer et d'Alumine est desséché, calciné et pesé. On le redissout dans l'eau acidulée d'acide chlorhydrique et traite par la Potasse en excès à l'ébullition qui précipite le Fer et laisse l'Alumine en solution. Ce précipité d'oxyde de Fer est redissous dans l'acide chlorhydrique et dosé soit par la méthode pondérale (précipitation par l'ammoniaque, calcination et pesée) soit par la méthode volumétrique (réduction à l'état de sel ferreux par l'hydrogène naissant et dosage par le permanganate).

En déduisant le poids du Fer (calculé à l'état de Fe^2O^3) du poids total Fer et Aluminium trouvé précédemment on obtient la quantité d'Alumine, Al^2O^3 .

Après séparation de Fe et Al on complète le liquide filtré à un volume déterminé que l'on divise en deux parts destinées chacune aux dosages de : Calcium et Magnésium, Potassium et Sodium.

CALCIUM ET MAGNÉSIUM.

La première partie de la solution est additionnée de chlorure d'ammonium et portée à l'ébullition. On y ajoute de l'oxalate d'ammoniaque jusqu'à cessation de précipité. Après 24 heures de repos on filtre, lave le précipité, sèche et calcine au rouge sombre. On y ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique au 1/10, évapore, calcine à nouveau et l'on obtient ainsi la Chaux à l'état de sulfate que l'on pèse.

Les liqueurs filtrées, ainsi débarrassées de l'oxalate de Calcium sont évaporées à siccité. On calcine au

rouge pour détruire les sels ammoniacaux. Le résidu est repris par l'eau additionnée d'acide chlorhydrique. On ajoute une solution de phosphate de soude et un grand excès d'ammoniaque. On mélange avec un agitateur sans toucher les parois et laisse au repos 12 heures. Le précipité de phosphate ammoniaco-magnésien est lavé à l'eau ammoniacale. On sèche le précipité, le calcine avec les précautions habituelles et l'on obtient la Magnésie à l'état de pyrophosphate.

POTASSIUM ET SODIUM.

La seconde partie de la solution est additionnée d'eau de baryte pour précipiter : la magnésie, les acides phosphorique et sulfurique. On filtre et lave à l'eau chaude. On ajoute un peu d'ammoniaque et du carbonate d'ammoniaque qui précipite l'excès de baryte ainsi que le calcium. On filtre, évapore le liquide et calcine. On reprend le résidu par l'eau bouillante, filtre et transforme les carbonates en chlorures par un peu d'acide chlorhydrique. On évapore à sec à 110° et pèse les chlorures de Potassium et Sodium.

Le dosage du POTASSIUM se fait en dissolvant ces chlorures dans un peu d'eau distillée chaude et précipitant par le chlorure de Platine après légère concentration au B. M. et addition d'alcool à 90°. Au bout de 24 heures le précipité obtenu est lavé avec un mélange éthéro-alcoolique, séché et pesé. On déduit par différence le poids du SODIUM.

ACIDE PHOSPHORIQUE.

On évapore 200 cc d'eau, acidule par l'acide azotique et traite par le réactif Nitro-Molybdique à chaud. Le précipité jaune est lavé, séché, pesé.

CHLORE, IODE ET BROME.

Le premier de ces trois halogènes est le plus important, les deux autres n'existant qu'à l'état de traces. On fait un dosage global de ces trois éléments par la méthode Charpentier et Wohlard de préférence, et l'on déduit s'il y a lieu la quantité d'Iode et Brome trouvée dans un dosage ultérieur portant sur le résidu de l'évaporation de 5 à 10 litres d'eau.

La méthode de Charpentier et Wohlard est la plus précise. On ajoute à 200 cc d'eau 10 cc de solution N/10 d'azotate d'argent, quelques cc de solution récente d'alun de fer ammoniacal et un excès d'acide azotique. On dose l'excès d'azotate d'argent par une solution correspondante de sulfocyanure d'ammonium.

Le dosage de l'Iode et du Brome se fait en additionnant 5 à 10 litres d'eau de carbonate de potasse pur et évaporant. On ajoute au liquide ainsi concentré une solution de perchlorure de fer et l'on distille en recueillant les vapeurs d'IODE ainsi mises en liberté dans un petit ballon contenant au préalable une solution d'iodure de potassium pur et exempt d'alcali libre. On dose avec une solution titrée d'hypo-sulfite de soude en présence d'empois d'amidon.

Lorsque toutes les vapeurs d'Iode sont dégagées on

ajoute au liquide restant du bioxyde de plomb et de l'acide acétique. On distille, le BROME est mis en liberté et ses vapeurs recueillies dans l'ammoniaque. On dose par l'azotate d'argent en présence de chromate neutre de potasse.

II. — DETERMINATIONS PHYSIQUES

L'analyse chimique sera complétée et en quelque sorte vérifiée par la détermination de certaines propriétés physiques des eaux. Grâce à la bienveillance de M. le Professeur Cluzet qui nous a ouvert son laboratoire et grâce aussi aux conseils éclairés de son préparateur M. le Docteur Kofman, nous avons pu étudier la conductivité, la cryoscopie, la tension superficielle, la viscosité et le PH des eaux minérales de la Loire. Nous indiquerons de façon très succincte le mode opératoire. Quant à la détermination de la radioactivité, c'est là une opération nécessitant un appareillage compliqué et surtout une technique délicate qui ne peut s'acquérir qu'avec une longue pratique. Nous avons dû abandonner notre projet d'affronter une semblable étude, nous bornant à citer à propos de Sail-les-Bains les travaux de MM. les Professeurs Moureu, de Paris, et Nogier, de Lyon.

LA CRYOSCOPIE, ou détermination de l'abaissement du point de congélation nous renseignera non plus sur la nature des particules chimiques contenues dans l'eau, mais sur le nombre total des molécules physiques existant dans cette eau.

L'opération est facile à faire et n'exige pas un matériel compliqué : l'essentiel est d'avoir un thermomètre cryospique gradué en 1/50 de degré (système Raoult) et de l'eau chimiquement pure pour faire la correction du zéro.

LA CONDUCTIBILITÉ ÉLECTRIQUE spécifique ou CONDUCTIVITÉ d'un liquide est la conductibilité de 1 cc de ce liquide sous une section de 1 cm. La Conductibilité est l'inverse de la résistance et est exprimée en Mhos, elle dépend, pour une température donnée, du nombre d'ions c'est-à-dire du nombre de molécules dissociées contenu dans l'eau examinée.

Nous nous sommes servi du pont de Kohlrausch après avoir déterminé expérimentalement la « constante de l'appareil » au moyen d'une solution N/50 de Chlorure de Potassium dont la résistance spécifique = 416,8 Ohms à 18° de température. La constante de l'appareil que nous avons employé est, d'après nos calculs 1/3,429.

Les déterminations se font sur l'eau naturelle (*conductivité totale*) et sur l'eau bouillie (*conductivité permanente*).

DÉTERMINATION DU PH (ou concentration en ions hydrogène): quelques détails très succincts sur le principe de cette méthode relativement nouvelle nous semblent nécessaires :

Dans l'eau pure une certaine proportion de molécules sont dissociées suivant l'équation $H^2O = H + OH$.

L'addition à l'eau d'un acide apporte un surcroît d'ions H et augmente la valeur de la concentration en ions H (CH); cette augmentation est fonction de la

dissociation de l'acide, c'est-à-dire qu'un acide fort l'augmentera beaucoup alors qu'un acide faible l'augmentera peu.

L'addition à l'eau d'une base apporte un surcroît d'ions OH et augmente la valeur de C_{OH} .

La détermination de la concentration en ions H nous donnera donc la valeur numérique de l'acide ou de la base en solution, valeur que l'analyse chimique ne peut nous donner que de façon vague. On exprime cette valeur par le logarithme du C_{H} changé de signe, ou Exposant d'Hydrogène, P_{H} .

Pour l'eau pure..... $\text{P}_{\text{H}} = 7,07$ à 18°

HCl, solution N $\text{P}_{\text{H}} = 0,10$

$\text{CH}^{\circ}\text{-COOH}$, solution N..... $\text{P}_{\text{H}} = 2,36$

NaOH, solution N $\text{P}_{\text{H}} = 14,05$

Nous avons employé pour nos déterminations l'appareil de Kling et Lassieur (maison Poulenc). qui s'appuie sur la remarque suivante déduite de la formule de Nernst « la différence de potentiel observée entre une solution et une lame d'hydrogène plongée dans ce liquide est liée à la concentration en ions H ».

Pratiquement, on constitue une pile formée de l'électrode d'hydrogène (lame de platine platinée plongée dans le liquide à étudier et entourée d'un atmosphère d'hydrogène) et d'un électrode auxiliaire (électrode au calomel) reliées entre elles par une liaison liquide (solution d'un corps neutre). On mesure la différence de potentiel aux bornes de cette pile par la méthode de compensation de Poggendorff. On a ainsi :

$P_H = \frac{E - A}{B}$ en désignant par E la différence de potentiel mesurée, et par A et B des valeurs fournies par la formule de Nernst.

III. — IDENTIFICATION DES EAUX MINÉRALES

Une si grande diversité d'éléments minéralisateurs et une telle abondance de déterminations possibles nous fait prévoir pour chaque eau minérale une individualité propre et une composition chimique qualitative et quantitative qui lui est spécifique. Il serait peu probable que les mêmes éléments puissent se retrouver dans les mêmes proportions dans deux eaux différentes. Et, en effet, l'expérience prouve qu'il n'y a pas deux eaux minérales identiquement semblables. Il devient dès lors possible de les identifier. M. Bonjean, directeur du Laboratoire du Conseil supérieur d'Hygiène, démontra que cette différenciation n'exige point l'analyse complète des éléments chimiques, ce qui serait une opération difficile à réaliser. La détermination de quatre facteurs seulement sont, d'après lui, nécessaires mais suffisants. Ce sont :

l'alcalinité totale et permanente ;

les chlorures ;

les nitrates ;

le degré hydrotimétrique total ou permanent.

Si un doute subsistait, on pourrait déterminer le chiffre des sulfates pour effacer toute incertitude.

Cette méthode que Bonjean appelle « Aquamétrie »

est simple et peut rendre de réels services. Il convient cependant de remarquer que la minéralisation des eaux est loin d'être rigoureusement constante et que l'on observe souvent d'assez grandes variations, même pour les eaux minérales d'origine très profonde.

CHAPITRE V

Sail-les-Bains ou Sail-les-Châteaumorand

Sail-les-Bains mérite d'occuper une place un peu spéciale parmi les autres stations hydrominérales de la Loire, en raison des caractères particuliers que possèdent ses eaux. Ce sont, avec celles de Montrond, les seules thermales du département (celles de Salt-en-Donzy ont à peine 16°) ; elles ne dégagent pas d'acide carbonique libre, enfin, elles doivent à une forte proportion de silicates alcalins et à une radio-activité remarquable, leurs propriétés physiologiques et thérapeutiques intenses.

Il est d'ailleurs incontestable que leur renommée est très ancienne et que les eaux de Sail ont été utilisées de façon empirique dès l'époque gallo-romaine : des pièces et médailles aux effigies des empereurs Vespasien et Caracalla, des vestiges très nets d'un établissement thermal, mis à jour lors de travaux récents le prouvent suffisamment.

Sail-les-Bains est situé au pied des derniers contre-forts des monts de la Madeleine. Ses eaux sourdent

directement d'une fracture des porphyres quartzifères.

Il existe six sources, mais en réalité deux seulement sont utilisées : celle du Hamel (ancienne source du Saule), la plus importante ; et celle des Romains, presque inexploitée, bien que son débit soit suffisant pour permettre son utilisation. Citons pour mémoire les quatre autres sources complètement abandonnées : sources d'Urfé, Bellety, Persigny, Maxime.

On prêtait à celle d'Urfé des vertus laxatives (l'analyse faite par le Bureau d'essai de l'Ecole des Mines, en 1882, n'indique pourtant que 0 gr. 0287 de sulfate de soude par litre). Elle est située dans le jardin de l'établissement et le puits au fond duquel elle sourd est fermé d'une dalle.

Les sources Persigny (ferrugineuse) et Maxime (sulfureuse) ont été canalisées et amenées dans l'Etablissement thermal, où elles s'écoulent en un mince filet, à côté du griffon de la source des Romains.

La source du Hamel est la source type de la station. Située dans le jardin de l'Etablissement, elle est captée par une énorme colonne de ciment, dans laquelle elle jaillit en bouillonnant et d'où partent les tuyaux de distribution pour l'Etablissement thermal, la piscine, la buvette et le magasin d'embouteillage. Son débit est énorme : 1.150 mètres cubes par 24 heures. Sa température est de 34°. Bue au griffon, cette eau n'a pas de saveur particulière, toute question de température mise à part. Au toucher, elle est onctueuse et douce, grâce aux silicates alcalins qu'elle contient.

Les études et analyses faites sur ces eaux sont nombreuses. Nous trouvons, dans l'ouvrage de Du Clos *Observations sur les eaux minérales de plusieurs provinces de France* (1675), une des premières tentatives qui aient probablement été faites pour l'obtention de l'extrait sec de l'eau du Hamel : « Etant évaporée, elle a laissé peu de résidu grisâtre, feuilleté, de saveur nitreuse et lixiable. »

Planque, dans sa *Bibliothèque choisie de Médecine*, T. IV (1753), mentionne les sources de Sail.

R. de La Prade, dans son *Analyse et vertus des eaux minérales du Forez*, publié en 1778, parle de quatre sources et dit de celle du Hamel qu'elle « ne diffère guère de l'eau ordinaire, ne fait point effervescence avec les acides, verdit le sirop de violette, précipite la solution mercurielle en jaune orangé et la solution d'argent sous la forme d'un caillé blanc, ce qui annonce de la terre absorbante ».

Mais il faut arriver jusqu'en 1845 pour trouver véritablement une analyse des eaux de Sail, dans le Rapport de l'Académie royale de Médecine de Paris du 6 mai 1845. Les chiffres donnés sont d'ailleurs beaucoup plus élevés que ceux des analyses faites depuis. La composition des eaux aurait-elle changé ?... Il semblerait plus logique d'incriminer des méthodes d'analyse moins précises qu'aujourd'hui.

Ossian Henry, en 1859, puis le Bureau d'essai de l'Ecole des Mines, en 1882, analysèrent ces eaux. Les résultats diffèrent peu. Nous donnons ci-après ceux de l'Ecole des Mines, car ils sont plus récents et nous semblent plus conformes à la réalité.

	Romains	Duhamel	D'Urte	Persigny	Maxime	Bellef
Acide carbonique libre....	0,0224	0,0230	0,0228	0,0213	0,0255	0,0122
Bicarbonate de soude anh.	0,2582	0,2594	0,2644	0,2628	0,2652	0,0689
— de calcium ..	0,0468	0,0506	0,0484	0,0457	0,0496	0,0412
— de magnésie..	0,0038	0,0047	0,0041	0,0035	0,0044	0,0026
— de fer	0,0023	0,0028	0,0037	0,0023	0,0026	traces
Chlorure de sodium	0,0448	0,0456	0,0438	0,0432	0,0462	0,0032
— de potassium	0,0033	0,0030	0,0027	0,0030	0,0036	traces
Sulfate de soude	0,0255	0,0274	0,0287	0,0267	0,0280	0,0108
Silice	0,0280	0,0290	0,0320	0,0300	0,0310	0,0130
Matières organiques	traces	traces	traces	traces	traces	traces
Résidu fixe	0,4127	0,4225	0,4278	0,4172	0,4307	0,1397
	0,3800	0,3820	0,3320	0,3240	0,3350	0,1050

(D'après Jacquot et Willm.)

Recherches Personnelles.

Nos déterminations nous ont donné, pour l'eau de la source du Hamel, les résultats suivants, exprimés en milligrammes et rapportés au litre :

Extrait sec à 100°.....	= 370
— à 180°.....	= 365
Nitrites	= néant
Chlorures en NaCl.....	= 50
Silice (SiO ²)	= 32
Alcalinité totale (en Co ³ Na ²)....	= 290
Degré hydrotimétrique : 5°5 (total)	

Point de congélation — Δ = — 0°02

Viscosité : égale à celle de l'eau distillée

Conductivité à 18° et multi- { totale = 3,8
pliée par 10⁴ { permanente = 3,6

Concentration en ions Hydrogène.... PH = 7,50

Nous voyons, d'après ce qui précède, que les eaux du Hamel sont des eaux thermales, bicarbonatées mixtes, silicatées. La présence de silicates n'a d'ailleurs rien de mystérieux. Nous savons, en effet, quelles sont, d'après A. Gautier, les réactions successives aboutissant à la formation des bicarbonates alcalins et terreux dans les eaux minérales : le chlorure de sodium, agissant sur la silice des feldspaths (silicates alumino-alcalins ou alumino-terreux), en présence de vapeur d'eau sous pression et à très haute température, donne naissance à des silicates solubles ; dans les couches supérieures, lorsque la vapeur d'eau condensée a dissous ces silicates, ils

sont décomposés par l'acide carbonique jusqu'alors sans action sur eux et donnent naissance à des bicarbonates alcalins avec dépôt de silice. Si la quantité d'acide carbonique est faible (et c'est bien le cas pour Sail-les-Bains, puisque la source ne dégage pas de CO^2 libre), les silicates seront incomplètement transformés en bicarbonates et une partie restera en solution dans l'eau.

Les eaux de Sail ne contiennent pas d'acide carbonique libre, mais elles émettent cependant des gaz formés presque essentiellement d'azote et de gaz rares. Voici d'ailleurs les résultats de l'analyse de ces gaz, faite par M. le Professeur Moureu, du Collège de France, assisté de M. Lepape, chef de laboratoire.

Composition centésimale en volume des gaz spontanés secs :

Anhydride carbonique	0,90 %
Oxygène	néant
Gaz combustibles	néant
Azote	97,39 %
<i>Gaz rares : 1,72 %</i>	
Argon + traces de Krypton et Xénon ..	1,22 %
Hélium + traces de Néon	0,50 %
Emanation de radium	traces (1)

Une telle richesse en azote est souvent pour une eau minérale l'indice d'une radio-activité remarquable. Les recherches de M. le Professeur Nogier, reprises par M. le Professeur Moureu, classèrent les eaux

(1) 46,8 millimicrocuries par litre de gaz à l'émergence.

de Sail-les-Bains parmi les plus radio-actives de France. Les conclusions du rapport du Professeur Moureu, assisté de Lepape (10 août 1920), sont les suivantes :

« La quantité de radium présente dans l'eau est
« fort peu importante et l'on peut dire que le résidu
« salin de l'eau de cette source ne contient pas plus
« de radium que la moyenne des minéraux et des ro-
« ches de l'écorce terrestre.

« C'est donc l'émanation du radium qui caracté-
« rise essentiellement la radio-activité de la source
« du Hamel. Et, à ce point de vue, cette source se
« place parmi les plus radio-actives des sources fran-
« çaises.

« Radio-activité des gaz recueillis au griffon de la
« source du Hamel : 46,8 millimicrocuries.

« Radio-activité par litre d'eau à l'émergence :
« 11,47 millimicrocuries. »

Le Professeur Nogier s'attacha à rechercher si, comme pour beaucoup de sources radio-actives, cette radio-activité ne subissait pas des variations dans le temps et ne disparaissait pas complètement pendant les périodes de sécheresse. Ses recherches portèrent sur 31 déterminations, pendant dix-huit mois. Le *Lyon Médical* du 25 mai 1922 publia ses résultats dont nous extrayons les points essentiels :

« La quantité d'émanation contenue dans les eaux
« du Hamel subit bien des fluctuations, mais elles sont
« légères. Elle oscille autour du chiffre de 11,47 milli-
« microcuries par litre, chiffre trouvé par MM. Mou-
« reu et Lepape.

« En aucun cas, nous n'avons trouvé l'eau de Sail
« inactive, même au moment de la plus grande séche-
« resse de 1921. L'émanation contenue dans les eaux
« de Sail-les-Bains est bien l'émanation du radium,
« Elle se détruit, conformément à une loi exponen-
« tielle et diminue de moitié en 3,85 jours. »

Telles sont les propriétés chimiques et physiques des eaux de Sail-les-Bains. Les conclusions à en tirer au point de vue biologique et thérapeutique sont du domaine médical. Nous renvoyons aux nombreux travaux faits sur ce sujet par les médecins qui ont eu l'occasion d'étudier l'action de ces eaux : Professeur J. Félix, Docteur Greffier, Docteur Jays, Docteur Boiteux, Docteur Parmentier, Docteur Niels Teiling, etc.

« Sail-les-Bains, dit l'un d'eux, est la station des gratteurs. » Les eaux du Hamel sont en effet sédatives ; elles exercent sur les dermatoses, et principalement les dermatoses irritables, une action curative manifeste.

C'est à coup sûr, l'indication majeure de la station sans excepter toutefois les heureuses modifications apportées par la cure thermale aux manifestations d'origine arthritique.

Montrond-les-Bains

C'est à une cause toute fortuite que Montrond doit de pouvoir se ranger aujourd'hui parmi les stations

hydro-minérales les plus importantes du Forez. Cette source thermale, vieille seulement d'une cinquantaine d'années, a une histoire des plus curieuses. Sa découverte causa, à l'époque, une vive surprise et probablement aussi une certaine déception. Elle fut, en effet, le résultat bien imprévu de sondages faits dans le but de trouver du charbon.

Fournet, le géologue bien connu, dans un ouvrage publié en 1854, cherchait à démontrer que le bassin houiller de Saint-Etienne devait se prolonger au Nord, sous la plaine tertiaire du Forez. Il donnait à l'appui de ses affirmations le fait que l'on rencontre dans cette direction quelques lambeaux houillers isolés au milieu des micaschistes. Cette opinion n'était d'ailleurs pas celle de Gruner, qui faisait justement remarquer que l'on ne trouve pas trace de terrains houillers sur les bords de la cuvette de la plaine de Feurs, entre les roches anciennes et les dépôts tertiaires (Gruner, *Bulletin de la Société de Géologie de France*, 5 déc. 1881). Des recherches furent cependant décidées. On choisit les environs de Montrond comme étant « le point le moins défavorable, car il est situé sur le prolongement du petit bassin houiller de Sainte-Foy-l'Argentière, dans le fond de la vallée de la Brévenne (Rhône) ».

La Société des sondages du Forez et du Roannais, sous la direction de M. Laur, ingénieur des Mines, commença le forage, le 14 juillet 1879. On traversa successivement les diverses couches tertiaires : d'abord, les sables tertiaires supérieurs, que l'on retrouve dans presque toute la plaine du Forez, puis

des marnes (blanches et vertes), du miocène inférieur, puis des argiles verdâtres de l'éocène inférieur. A 180 mètres, on rencontre une première source thermique ; plus bas, d'autres encore, dont la minéralisation et la température augmentent avec la profondeur. Enfin, le 23 septembre 1881, à 475 mètres, l'eau jaillit violemment et par intermittences à plusieurs mètres de hauteur : le nom de geyser fut donné, pour cette raison, à la source ainsi découverte. Le forage fut poussé jusqu'à 502 mètres. On traversa ainsi une roche schisteuse verte, que Gruner rapproche des schistes argileux sur lesquels repose le terrain houiller de Sainte-Foy. D'autres voient là le commencement des terrains paléozoïques supérieurs. De toute façon, on se trouve là au fond de la cuvette tertiaire. La découverte d'une source n'a dès lors rien de surprenant : son origine est la même que celle des stations situées sur le bord de la plaine du Forez (Saint-Galmier, Moingt, Montbrison). Ces sources jaillissent grâce aux fractures naturelles des terrains anciens par lesquelles elles peuvent remonter jusqu'à la surface ; celle de Montrond arrive au jour par le débouché artificiel que lui a créé le trou de sonde.

Cette source minérale, découverte dans des circonstances si particulières, a été captée et aménagée en vue de son utilisation. Le captage est assuré par de longues colonnes d'acier, vissées bout à bout, isolant ainsi les eaux minérales des autres nappes intermédiaires. Enfin, pour faire cesser les « éruptions geyseriennes », on a établi une vasque de réception à trois mètres au-dessous du niveau du sol, afin de

permettre l'écoulement constant de la source et, par là-même, le départ régulier de l'acide carbonique. Cet acide carbonique, recueilli dans de grands gazomètres, sert à gazéifier les eaux minérales pour l'em-bouteillage. Il se produit encore, malgré tout, environ toutes les heures, « un bouillonnement, sorte d'éruption geysérienne très atténuée ». (Laur, *Chronique Industrielle* du 15 août 1920.)

L'eau minérale de Montrond-les-Bains est thermale, 26°. Bue au griffon, elle a une saveur piquante, très agréable, malgré sa température. Elle forme dans le bassin au milieu duquel elle jaillit, un dépôt feutré, jaune sur les bords, vert dans le fond. Les eaux de Montrond sont en effet légèrement ferrugineuses et ce sont ces sels de fer, à l'état de protosels, qui sont fixés par des algues minuscules se développant dans ce bassin. Dans les parties les plus profondes, et par conséquent les plus à l'abri de l'air, ces algues sont vertes, tandis que les régions plus en contact avec l'atmosphère et en particulier sur les bords du bassin, ces sels ferreux sont oxydés et passent à l'état de sels ferriques jaunes. Nous donnerons plus loin les résultats de nos recherches sur la composition chimique de ces algues.

L'exploitation de la source du geyser fut autorisée le 1^{er} septembre 1883. On la déclara d'utilité publique le 10 août 1886. L'analyse en fut faite par l'Académie de Médecine de Paris :

Bicarbonate de soude	4,577	}	4,824
Carbonate de chaux	0,083		
Carbonate de magnésie	0,062		
Peroxyde de fer	0,004		
Chlorure de sodium	0,008		
Silice	0,090	}	3,180
Acide carbonique libre			
			8,004

Brome et iode en proportion sensible.

Recherches Personnelles.

EAU DU GEYSER

(Nos résultats sont exprimés en milligrammes et rapportés au litre.)

Extrait sec à 180°	= 2.660
Chlorures (en NaCl)	= 65
Alcalinite totale (en CO ³ Na ²) ..	= 2.251
Alcalinite perman. (en CO ³ Na ²)	= 2.012

Point de congélation — Δ = — 0°24

Viscosité : sensiblement égale à celle de

l'eau distillée.

Conductivité à 18°, multi-	}	totale = 32,4
pliée par 10 ⁴		permanente = 31,1
Concentration en ions Hydrogène ..		PH = 6,47

ANALYSE DES ALGUES

(Nos résultats sont exprimés en milligrammes et rapportés à 1 gramme d'algues desséchées à 100°.)

Matières organiques dosées		
par perte au rouge.....	=	214
Fer (en Fe^2O^3)	=	528
Chlorures (en NaCl)	=	9
Carbonates		présence
Sodium, potassium		présence
Bromures		néant
Iodures		néant

Lors de notre visite à l'établissement thermal de Montrond, le Directeur nous fit remarquer vers le griffon une légère odeur sulfureuse, perceptible surtout lorsque la pression atmosphérique est basse. Il ajouta que parfois certaines bouteilles d'eau de Montrond présentaient, lorsqu'on les débouchait, une odeur d'hydrogène sulfuré fort désagréable. Nous eûmes la chance de pouvoir constater par nous-même ce fait assez rare. L'administration nous avait expédié, le 22 janvier 1923, des échantillons d'eau pour nous permettre de les étudier. Des bouteilles, rigoureusement propres, avaient, sur notre demande, été remplies spécialement au griffon. Quelques jours après la réception, les échantillons examinés ne présentaient aucune odeur particulière donnant lieu seulement à un dégagement d'acide carbonique. Le 15 décembre 1923, c'est-à-dire onze mois plus tard, nous eûmes la curiosité d'examiner les deux bouteilles restant. Ces

bouteilles avaient été conservées couchées dans un placard, à l'abri de la lumière et de la chaleur. L'eau était légèrement opalescente, avec quelques filaments en suspension. Débouchées, elles ne dégagéaient plus d'acide carbonique, mais présentaient une odeur intense d'hydrogène sulfuré. Un dosage aussitôt effectué par la méthode iodométrique nous donna les résultats suivants :

Première bouteille : 1 mgr. 5 d'H²S et mono-sulfures (calculés en H²S) ; 9 mgr. 5 d'ion S²O³.

Deuxième bouteille : 1 mgr. 4 d'H²S et mono-sulfures (calculés en H²S) ; 9 mgr. 2 d'ion S²O³.

Nous avons employé, pour ces dosages, une solution N/200 d'iode, en suivant la technique indiquée précédemment.

La formation de dérivés sulfurés dans ces eaux n'a par elle-même rien de mystérieux et peut facilement s'expliquer. Ils proviennent de la réduction des traces de sulfates que contiennent toujours les eaux bicarbonatées, réduction opérée par l'intermédiaire de matières organiques avides d'oxygène. Mais d'où proviennent ces matières organiques ? A notre avis, ce sont les algues présentes dans le bassin de réception qui effectuent la réduction et donnent cette légère odeur sulfureuse perceptible certains jours. Notre odorat est très sensible à l'hydrogène sulfuré et peut déceler des traces infimes de ce gaz. Dans une bouteille d'eau, la matière organique agissant comme réducteur ne peut être que le bouchon de liège. En effet les bouteilles qui nous furent envoyées plus encore

que toutes les autres présentaient, nous l'avons dit, toute garantie de propreté. Les eaux du geyser étant bouchées au liège, nous voyons là le seul élément organique en contact direct avec l'eau.

Enfin nous attirons l'attention sur le fait que les échantillons examinés avaient, sur notre demande, été prélevés directement au griffon et par conséquent n'avaient pas subi la gazéification dont nous parlions plus haut. Il est bien étonnant que les deux bouteilles restant aient présenté toutes deux ce phénomène de réduction qui fort heureusement est assez rare. Il nous semble donc possible que la présence d'acide carbonique libre joue un rôle dans la conservation de ces eaux. Nos conclusions seront les suivantes :

Il y aurait avantage à remplacer le bouchage au liège par un bouchage analogue au système « Couronne » qui supprime tout contact entre le liège, matière organique, et les eaux minérales.

La gazéification des eaux par les gaz émanés de la source même semble en améliorer la conservation.

Les eaux de Montrond-les-Bains peuvent se placer aux côtés des grandes sources bicarbonatées : Vichy et Vals. Leur forte teneur en bicarbonates alcalins et en acide carbonique libre les recommande particulièrement dans les affections de l'estomac.

Saint-Galmier

Le département de la Loire possède une des sources minérales le plus universellement connue : Saint-Galmier. Ce n'est pas à proprement parler une eau médicinale, mais plutôt une eau de table : elle est consommée surtout par les gens bien portants qui sont séduits par sa saveur piquante et agréable. A ces qualités purement gustatives, elle joint d'ailleurs celle de faciliter la digestion grâce aux bicarbonates qu'elle contient.

Sa renommée est très ancienne mais elle date surtout d'un siècle environ : c'est à Badoit, que Saint-Galmier doit de s'être distinguée parmi les autres sources minérales, et d'avoir été pendant de nombreuses années l'eau française la plus exportée après Vichy. 1910 marque l'apogée de cette station qui expédia le nombre incroyable de 22.718.000 bouteilles. Encore aujourd'hui, malgré la concurrence sans cesse croissante, ces eaux jouissent d'une grande réputation.

L'histoire des sources de Saint-Galmier fut pour les érudits le sujet de discussions nombreuses. Il est hors de doute qu'elles furent connues et utilisées du temps des Romains : les fouilles faites à diverses reprises mirent à jour des vestiges importants de thermes.

On retrouva trois piscines et « une portion d'hypocauste qui montrait que les Romains chauffaient les

eaux simplement minérales pour les rendre artificiellement thermales ». (Greppo. *Etudes archéologiques sur les eaux thermales ou minérales de la Gaule à l'époque romaine*, 1846.)

Mais la question se complique lorsqu'il s'agit de dire s'il faut voir dans Saint-Galmier les anciennes *Aquæ Segestæ*, station minérale mentionnée sur la carte de Peutinger. Greppo l'affirme tandis que Reichert, Ukert et A. Bernard prétendent que c'est à Moingt qu'il appartient de revendiquer cet honneur. Nous nous rangeons plutôt à cette dernière opinion : en effet, comme nous le verrons plus loin, Moingt semble avoir été sous la domination romaine une ville importante et luxueuse. Saint-Galmier au contraire si l'on en juge par les vestiges des thermes était beaucoup plus modeste. Sa destruction paraît due à une forte inondation de la Coise. Une épaisse couche de sable répandue sur le sol des salles ainsi découvertes permet du moins de le croire.

Les eaux minérales de Saint-Galmier ont la même origine géologique que les autres sources minérales de la région. Elles jaillissent d'une fracture des terrains anciens, à la base des chaînes granitiques du Beaujolais.

L'étude de leurs propriétés chimiques et thérapeutiques a été faite par de nombreux auteurs :

Alléon Dulac en 1795 leur prête des vertus purgatives et les recommande dans la gravelle et les maladies vénériennes.

Nous trouvons dans R. de la Prade une analyse que nous sommes heureux de pouvoir reproduire à cause

de son intérêt historique. « Ses eaux laissent à peu près 26 grains de résidu par pinte. 30 livres évaporées ont donné 3 gros $\frac{1}{2}$ de terre absorbante qui se dissout très aisément dans le vinaigre distillé sans être soluble dans l'eau, 54 grains d'un sel séléniteux, 40 grains de sel marin et un peu de matière extractive qui paraît être de l'alcali fixe végétal. »

Ultérieurement O. Henry étudia ces eaux. Ses résultats diffèrent quelque peu de ceux plus récents du Laboratoire de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne qui effectua l'analyse à deux reprises : le 5 juin 1899 et le 12 août 1905.

Analyses officielles du Laboratoire de l'Ecole des Mines

SOURCE BADOIT	1899	1905
Acide carbonique total.....	3,774	3,905
Bicarbonate de Soude.....	0,8550	0,8602
Bicarbonate de Potasse.....	0,0580	0,0575
Bicarbonate de Chaux.....	0,7458	0,73
Bicarbonate de Magnésie.....	0,4296	0,437
Protoxyde de Fe et Mn	0,0135	0,014
Chlorure de K et Na.....	0,163	0,099
Sulfate de Soude.....	0,096	0,095
Sulfate de Chaux.....	»	»
Phosphate de Soude.....	traces	»
Silice et Alumine.....	0,040	0,052
TOTAL.....	2,4049	2,3427
Acide carbonique libre.....	3,3191	3,445

Recherches Personnelles.

Nous avons trouvé les résultats suivants exprimés en milligrammes et rapportés au litre :

Extrait sec à 100°.....	1863
Extrait sec à 180°.....	1793
Chlorures en Na Cl.....	104
Sulfates en SO ⁴ Na ²	101
Degré hydrotimétrique, total.....	= 176°
Degré hydrotimétrique, permanent.....	= 88°
Degré hydrotimétrique, oxalaté.....	= 112°
Alcalinité en Co ³ Na ² , totale.....	= 1280
Alcalinité en CO ³ Na ² , permanente.....	= 500

Résistivité électrique à 18°	(	totale = 20,93
multipliée par 10 ⁴	)	permanente = 15,5
Abaissement du pt. de congélation — Δ = —		0°12
Concentration en ions Hydrogène....		PH = 6,12

Nous rangerons les eaux de Saint-Galmier parmi les bicarbonatées mixtes. Leur minéralisation est relativement faible, mais elles sont très riches en acide carbonique libre qui leur donne cette saveur agréable, piquante, si recherchée.

Sail-sous-Couzan

Sail-sous-Couzan est un village de l'arrondissement de Montbrison, perdu dans la montagne et qui ne doit son importance qu'à ses sources hydro-minérales. Elles jaillissent « de la grande fracture de la vallée de l'Auzon le long de laquelle le granit des montagnes du Forez fut soulevé au delà du niveau du grès anthraxifère » (Gruner).

Pendant longtemps il n'exista à Sail-sous-Couzan qu'une seule source minérale. Cette source connue sous le nom de Fontfort est aujourd'hui abandonnée et entourée d'une grille. Des forages effectués tout autour d'elle furent la cause de sa disparition. Cette fontaine si l'on en croit certains auteurs aurait été connue des Romains puis aurait disparu pendant de longs siècles. En 1612 un médecin de Montbrison, Claude de la Roue l'aurait retrouvée (cf. Gras, *Histoire des eaux minérales du Forez*).

C'est cette source que Gruner cite dans son étude géologique du département de la Loire. Il donne une analyse faite par le docteur de Viry et le pharmacien Tamen ; nous la relevons ci-contre en raison de son intérêt historique (1803) :

Carbonate de Soude.....	33 grains 3/4
Carbonate de Chaux.....	7 — 7/9
Carbonate de Magnésie.....	2 — 1/2
Carbonate de Fer.....	1 —
Sulfate de Soude.....	2 —
Muriate de Soude.....	1 —
Matières végétales	3 —
Acide carbonique	52 —

La Fontfort fut la seule source minérale jusqu'en 1866, année en laquelle fut découverte une deuxième source : la Rimaud. A cette époque les eaux de Sail-sous-Couzan connurent une période de grande prospérité grâce à la création d'un établissement thermal et d'hôtels confortables rendant le séjour agréable. Mais quelques années plus tard commença une campagne de sondages effectués un peu partout par les habitants désireux de posséder une source et d'en vendre les eaux. On découvrit ainsi 14 sources. Comme elles avaient toutes la même origine le débit des deux anciennes en souffrit. La Fontfort finit par se tarir. Quant aux nouvelles sources ainsi mises au jour elles eurent pour la plupart une existence éphémère. Le récit détaillé de la découverte et de la destinée des sources de Sail est fait de façon très complète dans l'ouvrage de M. Gras.

A l'heure actuelle trois sociétés différentes exploitent les eaux de Couzan : la Société Générale des eaux minérales de Couzan, sources Brault (autorisées le 24 mai 1895 et le 13 août 1900), la Société des sources Gatier et Julien (autorisées le 23 janvier 1909 et le

1^{er} mai 1909) et la Société des Grandes Sources de Couzan (sources Baron autorisée le 11 septembre 1886 et Astrée autorisée le 6 avril 1908).

Ces sources ayant une origine commune et n'étant somme toute que « plusieurs robinets au même tonneau » ont à peu près la même composition.

Une des plus récentes analyses de l'eau de la source Brault est celle effectuée par M. Bonjean, chef du Laboratoire du Conseil supérieur d'Hygiène publique de France (janvier 1915).

I. — *Analyse chimique*

Acide carbonique libre.....	2,8260
Bicarbonate de Soude.....	2,0462
Bicarbonate de Chaux.....	0,3240
Bicarbonate de Magnésie.....	0,3180
Bicarbonate de Potasse.....	0,3032
Bicarbonate de Lithine.....	0,0099
Bicarbonate de Fer.....	0,0220
Bicarbonate de Manganèse.....	<i>traces notables</i>
Chlorure de Sodium.....	0,0950
Sulfate de Soude.....	0,0330
Arséniate de Soude.....	0,0014
Silice	0,0270
	6,0057

II. — *Examen bactériologique*

Les différents ensemencements effectués au griffon de cette source sont restés stériles.

Les sources Gatier, Julien, et Astrée ont été étudiées par M. le Professeur Florence qui signale à peu près les mêmes éléments que dans la source Brault avec cependant en plus : dans la source Gatier des traces de sels de Strontium, de Rubidium, ainsi que des Iodures.

Recherches Personnelles.

Nos déterminations ont été faites sur des bouteilles d'eau de Couzan, source Brault, livrées au commerce.

(Nos résultats sont exprimés en milligrammes et rapportés à 1 litre d'eau minérale.)

Chlorures en Na Cl.....	100
Silice	21
Matières organiques (en O absorbé).....	1,2
Arséniates	<i>traces</i>
Alcalinité (en $\text{CO}^3 \text{Na}^2$), totale	2003
Alcalinité (en $\text{CO}^3 \text{Na}^2$), permanente	1706

Abaissement pt. congélation.....	$-\Delta = - 0,17$
Conductivité électrique à 18° multipliée par 10 ⁴	29

Les eaux minérales de Sail-sous-Couzan sont très peu consommées sur place. Elles sont expédiées au loin et vendues comme eau de table. Aussi les diverses Sociétés ont-elles apporté tous leurs soins à l'em-bouteillage. Un outillage moderne et perfectionné donne toutes les garanties désirables sur la mise en bouteilles et la bonne conservation des eaux,

Saint-Romain-le-Puy

L'existence de Saint-Romain-le-Puy en tant que station hydro-minérale est relativement récente. En effet la plus ancienne des sources connues, la Fontfort, ne fut remarquée qu'au début du siècle dernier : elle s'écoulait dans un champ. Elle fut captée en 1857 mais ne fut presque pas exploitée, servant uniquement d'eau de boisson aux habitants.

En 1858, O. Henry fut chargé de l'analyser. Voici ses résultats :

Acide carbonique	1,710
Bicarbonate de Soude.....	3,010
Bicarbonate de Potasse.....	0,450
Bicarbonate de Magnésie.....	0,640
Bicarbonate de Chaux.....	0,540
Bicarbonate de Fer.....	0,011
Bicarbonate de Manganèse.....	<i>traces</i>
Chlorure de sodium et de magnésium	0,170
Iodures alcalins	<i>sensibles</i>
Sulfates alcalins	0,007
Silicate soude	0,160
Principe arsenical	<i>indices</i>
Silice, alumine, phosphate.....	0,040
Matières organiques	<i>indéterminé</i>
	5,028

Les eaux de cette source étaient « froides, inodores, à peu près limpides, leur saveur alcaline avec arrière d'amertume ». Le permis d'exploitation fut délivré le 30 mars 1859. Rimaux qui, en 1860, dans son ouvrage sur les « Eaux minérales du département de la Loire » parle de cette source, dit que « le propriétaire, M. Cherbouquet ne l'a pas encore livrée au public ». Il ne la livra jamais et faute d'entretien elle finit par disparaître.

Ce n'est qu'une trentaine d'années plus tard qu'un ingénieur, M. Parot, entreprit des recherches pour retrouver la Fontfort dont il ne restait que le souvenir. A quelques mètres de son ancien emplacement il découvrit une nouvelle source qu'il aménagea en vue de son exploitation. Un puits fut creusé, une chambre de tirage avec ascenseur fut installée et une demande d'autorisation d'exploitation fut faite. L'autorisation fut accordée le 7 mars 1890.

Après quelques années pénibles, l'exploitation devint prospère et fit des envieux. N'étant pas protégée par un périmètre de protection, des sondages furent effectués dans son voisinage et créèrent de nouvelles sources : Favorite, Saint-Georges, etc. Seule aujourd'hui la source Parot est encore exploitée.

Au point de vue chimique la source Parot se classe parmi les sources bicarbonatées mixtes. C'est une eau froide, limpide, assez gazeuse. Elle fut analysée par le Laboratoire de l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, en 1905 :

Résidu fixe (180°).....	2,7324
Bicarbonate de Soude.....	2,7054
Bicarbonate de Potasse.....	0,1260
Bicarbonate de Lithine.....	0,0025
Bicarbonate de Chaux.....	0,5267
Bicarbonate de Magnésie.....	0,5125
Bicarbonate de Fer.....	0,0125
Bicarbonate de Manganèse.....	0,0004
Silicate de Sodium.....	0,1575
Chlorure de Sodium.....	0,1491
Sulfate de Sodium.....	0,0445
Phosphate de Sodium.....	0,0005
Iodures alcalins	<i>traces</i>
Silicate d'alumine	0,0065
Arséniates alcalins	<i>traces</i>
Matières organiques	0,00095
Acide carbonique libre.....	1,3260

(D'après M. Gras.)

Recherches Personnelles.

Nos déterminations nous ont donné les résultats suivants exprimés en milligrammes et rapportés au litre d'eau minérale :

Extrait sec à 100°.....	= 3.110
Extrait sec à 180°	= 3.004
Alcalinité (en $\text{CO}^3 \text{Na}^3$).....	totale.... 2.580
	permanente 2.430
Chlorures (en Na Cl)	145
Matières organiques (O absorbé).....	1

Conductivité électrique à 18°	} totale = 34,9
multipliée par 10 ⁴	
} permanente = 34,3	
Abaissement pt. congélation — Δ = — 0°18	
Concentration en ions Hydrogène P _H = 7,31	

Les eaux minérales de la source Parot de Saint-Romain-le-Puy sont bicarbonatées mixtes. Elles se placent parmi les plus riches en bicarbonates alcalins et terreux du département. Aussi, est-ce peut-être une erreur de les considérer comme eaux de table. Leur richesse minérale leur confère une action puissante sur l'économie et un usage immodéré pourrait amener quelques désordres. Elles peuvent donner de bons résultats dans le traitement des affections de l'estomac.

Montbrison et Moingt

Au pied des monts du Forez, entre Montbrison et Moingt, existent trois sources minérales, aujourd'hui presque délaissées mais qui semblent avoir connu, il y a de nombreux siècles, une ère de grande prospérité. D'après Gruner, « elles correspondent à la grande fraction NW-SE que parcourt le Vizézy, en amont de Montbrison, parallèlement au chaînon de Pierre-sur-Autre. »

La première de ces sources est située sur le territoire de Montbrison, aux bords du Vizézy : c'est le Fontfort ou source de la Rivière. A 1.500 mètres de là, sur Moingt, se trouve la Fontaine des Ladres ou de l'Hôpital (la seule exploitée aujourd'hui). Enfin, à une centaine de mètres plus loin, émerge la source des Romains.

L'origine de ces sources est très ancienne et il semble bien prouvé aujourd'hui que la station hydro-minérale figurée sur la carte de Peutinger et appelée *Aquæ Segestæ* ne soit autre que Moingt. Si l'on en juge par les vestiges découverts (thermes, théâtre, colonnades, bas-reliefs, Moingt fut, sous la domination romaine, une ville d'eaux luxueuse. « Toutes proportions gardées, dit A. Bernard, Moingt était pour les Ségusiaves ce qu'était Baies pour Rome : une ville de plaisir. C'était le Vichy du temps. » Mais toute cette splendeur eut une fin subite et tragique. En effet des poutres calcinées, des colonnes brisées, « dans un édifice que l'on suppose avoir été une hôtellerie, de nombreux ossements humains épars sur le pavé des salles au milieu de matériaux divers, semblent témoigner de morts violentes ayant accompagné le bouleversement de la construction » (Bonnard, *La Gaule thermale*). Le lieutenant Jannesson, dans une communication au *Bulletin de la Diana* (1890), place cette destruction en 265 et l'attribue à Chrocus, roi des Allamans, qui envahit la Gaule sous les règnes de Jullien et de Valérien.

Aujourd'hui, ces sources minérales sont loin d'avoir la même importance. Moingt est un village calme et

paisible qui ne rappelle en rien le luxe et le faste des *Aquæ Segestæ*. Les sources sont abandonnées, sauf celle des Ladres, qui est encore quelque peu exploitée. Et cependant ces eaux méritaient une destinée meilleure, car leur composition chimique les classe parmi les plus riches en bicarbonates du département.

Les études faites sur ces sources sont nombreuses. Richard de La Prade les mentionne dans « L'Analyse et Vertus du Forez », 1778. Il donne, à propos de chacune d'elle l'analyse, dont nous extrayons ce qui concerne la plus importante, celle des Ladres : « 40 livres d'eau contiennent d'alcali marin 5 gros $\frac{1}{2}$, de terre calcaire mélangée d'un sable fin 5 gros, et 8 grains, d'air : 7 pouces cubiques sur 21 onces d'eau. »

Depuis, de nombreuses analyses ont été faites par différents chimistes : Denis, pharmacien à Montbri-son, Gruner, O. Henry.

Les résultats sont parfois différents : par exemple pour les chlorures,

Denis indique	Na Cl = 0,175
Gruner	KCl + Na Cl = 0,193
O. Henry	Na Cl = 0,512

Nos recherches personnelles nous ont donné comme quantités de Chlorures (en Na Cl) = 0,170

Mais les résultats sont assez comparables pour les autres éléments. Nous relevons ci-dessous l'analyse de O. Henry, bien que ses chiffres nous semblent tous un peu forts, parce que c'est sur elle que se basa l'Académie de Médecine pour accorder l'autorisation d'exploitation, le 25 mai 1859.

Acide carbonique libre	2,110
Bicarbonate de chaux	0,310
— de magnésie	0,300
— de soude	3,460
— de potasse, peu	
— de fer	
Chlorure de sodium	0,512
Iodure alcalin	appréciable
Sulfates (calculés anhydres)	0,070
Silicates	
Phosphates	
Matière organique	
6.762	

Recherches Personnelles.

Nos déterminations nous ont donné les résultats suivants exprimés en milligrammes et rapportés au litre d'eau minérale.

Extrait sec à 100°	= 3.612
Extrait sec à 180°	= 3.490
Chlorures (en NaCl)	= 170
Alcalinité en CO'Na ²) totale	= 2.935

Résistivité électrique à 18° {	totale = 38,5
multipliée par 10' {	permanente = 38,3

Abaissent pt de congélation — Δ = — 0°23

Concentration en ions hydrogène PH = 6,70

Nous voyons que ces eaux sont vraiment dignes d'intérêt, en raison de leur minéralisation relative-

ment importante et de leur forte teneur en bicarbonates alcalins et terreux. Elles sont capables de donner de bons résultats dans « les affections gastriques et gastro-intestinales à l'état chronique, dans les engorgements mésentériques, dans les affections anciennes du foie et de la rate, dans les maladies des reins et de l'appareil urinaire ». (D'après le Rapport O. Henry.)

Ces eaux ont une action puissante et indéniable sur l'économie, et nous pensons qu'il ne faudrait pas en faire un usage abusif. Rimaux rapporte d'ailleurs un cas de malaises assez violents observés chez des soldats qui, en 1837, avaient fait de ces eaux leur boisson habituelle. Il pense que la forte teneur en bicarbonates peut, à elle seule, rendre compte de ces accidents.

Renaion

Sur les bords de la rivière du Renaion, au fond d'une vallée pittoresque et verdoyante se trouvent deux sources d'eaux minérales. Leur existence est relativement récente. La première fut captée en 1850. O. Henry fut alors chargé de l'analyser et ses résultats la firent autoriser le 2 juillet 1852. Voici d'ailleurs, à titre documentaire, cette analyse, d'après Rimaux.

Oxygène et azote	indéterminé
Acide carbonique libre	0,560
Bicarbonate de chaux	0,663
— de magnésie	0,135
— de soude	0,240
— de potasse	0,170
Sulfate anh. Na, K, Ca	0,020
Chlorures de sodium et potassium	0,103
Silicates alcalins et alumineux	0,200
Azotates	ind. sensible
Fer, manganèse, mat. organiques	0,009
	1,540

Une seconde source, beaucoup plus moins importante, fut découverte une quinzaine d'années plus tard, et malgré son faible débit, elle fut autorisée le 2 octobre 1868.

En ce moment, ces deux sources appartiennent à la Société anonyme des Eaux naturelles de Renaison. Seule la première est exploitée.

Une des plus récentes analyses des eaux de Renaison est celle du Laboratoire de l'Ecole des Mines. Les éléments trouvés sont ceux signalés par O. Henry dans les résultats relevés plus haut, avec quelques différences quantitatives de détail.

L'eau de Renaison n'est pas, à proprement parler, une eau médicinale, mais plutôt une eau de table. En effet, elle est peu minéralisée. Elle doit surtout ses propriétés à l'acide carbonique libre qu'elle renferme et qui en fait une eau fortement gazeuse, très

agréable à boire. On peut la ranger parmi les bicarbonatées mixtes (bicarbonates alcalins et terreux), à côté de Saint-Galmier, avec laquelle elle présente de grandes analogies.

Saint-Alban

Saint-Alban est certainement une des stations hydro-minérales les plus fréquentées de la Loire. Sa situation, à une dizaine de kilomètres de Roanne, le charme de son vallon ombragé et pittoresque en font en effet un lieu de villégiature idéal. Aussi, les malades sont-ils en proportion peu nombreux, malgré les propriétés thérapeutiques manifestes que les médecins s'accordent à reconnaître aux eaux de Saint-Alban.

Les sources minérales sont situées au fond de la vallée parcourue par un petit ruisseau, le Saint-Alban. « Elles sourdent, nous dit Gruner, du pied oriental du chaînon porphyrique de Saint-Haon et Renaison. On voit s'échapper d'une sorte de fente qui isole sur ce point le grès à anthracite du porphyre quartzifère trois jets différents, mais, en réalité, ils ne forment qu'une seule source. »

Ces sources ont été connues et utilisées depuis la plus haute antiquité. On a découvert, en effet, au cours des travaux effectués à diverses reprises, des vestiges importants de thermes romains, ainsi que de nombreuses pièces de monnaie romaines (D' Goin).

En 1859, on trouva un nouveau puits carré à « quelques pas des autres sources et dont pas un des plus anciens habitants du pays ne soupçonnait l'existence ». (D^r Gay, 1859.) Il était construit en béton et couronné de madriers en chêne.

Enfin, en 1896, on mit à découvert le fond des quatre puits de Saint-Alban. On en retira un certain nombre de médailles et pièces de monnaies de diverses époques et l'on vit que le fond des trois puits Faustine, César et Antonin étaient boisés en carré, avec de forts madriers, et que le quatrième était cimenté et de forme cylindrique.

A l'heure actuelle, les quatre puits presque contigus et dont on a laissé intacte la majeure partie des travaux de captage faits par les Romains, s'ouvrent au fond d'une grande fosse circulaire, entourée d'une grille. Ils sont surmontés chacun d'une margelle cylindrique en pierre, munie de robinets de distribution pour les buveurs. Le trop-plein des eaux est recueilli par une rigole et est conduit dans un réservoir. Le gaz carbonique qui s'échappe est récupéré par une grande cloche en cuivre et conduit dans un gazomètre.

Au point de vue chimique, les eaux de Saint-Alban sont froides, fortement gazeuses, bicarbonatées mixtes.

Ces eaux furent l'objet de très nombreuses études et analyses. Un des premiers, Du Clos, dans ses *Observations sur les eaux minérales de plusieurs provinces de France* (1671), les mentionne et les classe parmi les « eaux froides, aigrettes et vineuses qui participent d'un sel qui a du rapport au nitre des Anciens ».

Alléon Dulac, dans ses *Mémoires pour servir à l'histoire naturelle des provinces du Lyonnais, Forez et Beaujolais* (1775), dit qu'elles sont froides et imprégnées de nitre et de vitriol ».

Le Docteur Collet, dans sa *Notice sur les eaux minérales de Saint-Alban*, cite de très nombreuses recherches faites à diverses époques. Nous renvoyons à cet ouvrage, qui est d'une documentation parfaite, relevant seulement ici, à titre d'exemple, une des principales analyses, celle effectuée par Lefort, en 1859, aux sources mêmes.

	Puits César	Puits Faustine	Puits Antonin	Puits Julia
	Grammes	Grammes	Grammes	Grammes
Azote et oxygène ..	traces	traces	traces	traces
Anhydride carboniq.				
libre ou combiné..	3,3900	3,3781	3,5100	3,4117
Acide chlorhydrique.	0,0189	0,0192	0,0182	0,0190
Acide iodhydrique ..	traces	traces	traces	traces
Silice	0,0453	0,0443	0,0454	0,0448
Potasse	0,0432	0,0442	0,0434	0,0451
Soude	0,3692	0,3679	0,3689	0,3687
Chaux	0,3651	0,3710	0,3684	0,3695
Magnésie	0,1430	0,1391	0,1402	0,1422
Oxyde ferreux	0,0105	0,0104	0,0101	0,0099
Arsenic	traces	traces	traces	traces
Matières organiques .	—	—	—	—
	4,3852	4,3742	4,5046	4,4109
Poids du résidu salin				
à 180°	1,8754	1,8741		

Nous voyons, en comparant ces divers chiffres, que la composition de l'eau de ces quatre sources est sensiblement la même.

Recherches Personnelles.

Nos déterminations ont été effectuées sur des échantillons d'eau minérale trouvés dans le commerce ; nos résultats sont exprimés en milligrammes et rapportés au litre.

Extrait sec à 100°	= 2.002
Extrait sec à 180°	= 1.900
Matières organiques (en O absorbé) ..	= 1,3
Chlorures (en NaCl)	= 33
Alcalinité (en CO ³ Na ⁺) : totale.....	= 1.880
— permanente.....	= 980
Degré hydrométrique permanent	17°

Abaissment du pt de congélation — Δ = — 0°16
(— 0°14, d'après Chanoz et Doyon, 1903)

Conductivité électrique à 18°, multipliée
par 10⁴ : totale = 25,1 || (23,7, d'après Chanoz et Doyon, 1903) | |

L'eau minérale de Saint-Alban est donc une eau très riche en acide carbonique libre, mais de minéralisation relativement faible. Nous la rangerons parmi les bicarbonatées mixtes, à côté de celle de Saint-Galmier avec laquelle elle présente du reste de grandes analogies.

Des recherches de radio-activité ont été effectuées

en 1922, par M. le Professeur Cluzet et M. Chevalier, son préparateur. Leurs résultats n'ont paru dans aucune publication scientifique, mais ont seulement été communiqués aux sources. Il ne nous a pas été possible de nous les procurer.

Salt-en-Donzy

Il existe, à Salt-en-Donzy, une source légèrement thermale, qui semble avoir été connue et utilisée dès la plus haute antiquité. En effet, Ch. La Mure prétend qu'on y voyait encore, au XVIII^e siècle, des restes de thermes romains. Alléon Dulac, en 1795, la mentionne dans ses *Mémoires*, et dit, d'ailleurs qu'elle n'est plus utilisée. On aurait découvert, à diverses époques, un certain nombre de poteries, médailles, tombeaux gallo-romains (Greppo).

Cette source est aujourd'hui complètement abandonnée. Elle sourd dans un pré, à côté d'une des dernières maisons de Salt-en-Donzy. Le captage est tout à fait sommaire : un puits profond d'environ 1 m. 50, large de 1 m., tapissé intérieurement de planches de chêne, en assez mauvais état. L'eau affleure au niveau du sol et s'écoule par un trop-plein dans la Loyse, un ruisseau voisin. La source n'est nullement protégée ni recouverte.

L'eau est tiède (15° environ), ne contient pas d'acide

carbonique libre, ne possède pas de saveur particulière. Nous en avons prélevé des échantillons en vue d'une étude. Voici les résultats que nous avons trouvés. Ils sont exprimés en milligrammes et rapportés au litre :

Extrait sec à 100°	= 745
Extrait sec à 180°	= 698
Nitrites	faibles traces
Matières organiques	= 2
Chlorures (en NaCl)	= 185
Alcalinité totale (en $\text{CO}^{\circ}\text{Na}^{\circ}$)	= 428
Degré hydrométrique total	= 2°

Abaissemnt du pt de congélation — Δ = — 0°5

Conductivité électrique à 18°, multipliée

par 10'

totale = 7,9

Concentration en ions Hydrogène $\text{PH} = 7,93$

Cette source ne possède pas une minéralisation bien importante. Il est probable, comme le supposait d'ailleurs Rimaud, en 1860, qu'elle est mélangée d'eaux d'infiltration, qui en abaissent la température et en diminuent la concentration. La présence de nitrites, de matières organiques et même la forte teneur en chlorures semblent confirmer cette hypothèse. On doit donc la tenir pour suspecte, tant que le mode de captage n'en sera pas amélioré.

Juré

On a signalé, sur le territoire de Juré, plusieurs sources hydro-minérales ; l'Annuaire de 1845 en mentionne quatre. A l'heure actuelle, deux seulement sont encore connues et quelque peu utilisées. Ni l'une ni l'autre n'est d'ailleurs exploitée. Grâce à l'obligeance du Maire de cette commune et de son secrétaire, nous avons pu faire quelques recherches sur ces eaux.

La source du Vaudier est celle dont le débit est le plus important. Elle jaillit dans un pré ; tout autour de la source principale, et dans un périmètre assez grand, sourdent plusieurs filets d'eau minérale, ce qui prouve l'absence de tout captage efficace. Cette eau est assez gazeuse, fraîche, de saveur piquante ; elle laisse un faible dépôt ocreux aux points d'émergence. Leur minéralisation est très faibles, comme nous le verrons plus loin.

La source du Goutay, assez éloignée de celle du Vaudier, est située à la limite des communes de Juré et de Crémeaux. Elle jaillit également dans un pré, mais son débit est moins important que celui de la précédente. Elle est moins gazeuse, mais, par contre, elle est beaucoup plus fortement minéralisée et laisse déposer un dépôt de sesqui oxyde de fer beaucoup plus abondant.

Recherches Personnelles.

Source du Vaudier. — Eau assez fortement chargée en acide carbonique libre. Minéralisation faible, formée de bicarbonates alcalins, avec des traces de bicarbonates terreux et des traces de fer.

(Nos résultats sont exprimés en milligrammes et rapportés au litre.)

Résidu sec à 180°	= 162
Nitrites	Néant
Matières organiques	= 1,4
Chlorures (en NaCl)	= 12
Sulfates	traces faibles
Alcalinité totale (en CO ³ Na ²)	= 304
Degré hydrométrique total (après séjour dans la cloche à vide)	= 24°
Degré hydrométrique permanent	= 12°

Abaissement du pt de congélation — Δ = — 0°01

Conductivité électrique à 18°, multipliée

par 10⁴ : totale = 1,4

Source du Goutay. — Eau renfermant peu d'acide carbonique libre. Minéralisation un peu plus intéressante, formée de bicarbonates alcalins et de bicarbonates terreux (calcium), avec une certaine quantité de fer, qui donne, à la longue, des flocons jaunes en suspension dans les bouteilles. Dépôt assez abondant de sels de calcium par l'ébullition.

(Nos résultats sont exprimés en milligrammes et rapportés au litre.)

Résidu sec à 180°	= 730
Nitrites	Néant
Matières organiques	= 1,8
Chlorures (en NaCl)	= 12
Sulfates et silicates	traces
Alcalinité totale (en CO ³ Na ³)	= 980
Degré hydrométrique total	= 42°
— — permanent	= 24°
— — oxalaté	= 24°

Abaissemt. du pt de congélation — Δ = —	0°04
Conductivité électrique à 18° } totale = 9,1	
multipliée par 10 ⁶ } permanente = 3,8	
Concentration en ions Hydrogène ...	PH = 6,61

Nous voyons, d'après ces résultats, que ces eaux minérales ne peuvent pas posséder de propriétés thérapeutiques bien intéressantes, en raison de leur faible minéralisation. Elles sont certainement susceptibles d'être souillées par les eaux d'infiltration, en raison de leur captage tout à fait insuffisant.

Saint-Priest-la-Roche

La source « Victoire », de Saint-Priest-la-Roche, jaillit au fond d'une gorge pittoresque, creusée par un torrent, à la limite de cette commune et de la

commune de Cordelle. L'exploitation de ces eaux fut autorisée, le 29 août 1865, et le captage en fut réalisé par un grand puits en ciment. Malheureusement, des difficultés de toutes sortes, le manque de moyens de communications furent cause de l'échec de l'entreprise. L'exploitation, après plusieurs années pénibles, cessa complètement, en 1922, « à la suite d'un incendie », nous écrit le Maire de Saint-Priest-la-Roche.

La source « Victoire » fut l'objet de plusieurs études. Elle est mentionnée dans l'Annuaire de 1845. Grüner nous dit qu'elle « jaillit des bords d'un puissant dyke de porphyre quartzifère, qui a brisé et redressé le grès à anthracite ». Rimaux, Durand Far-del la citent dans leurs ouvrages. Nous relevons ci-dessous l'analyse effectuée par Gobley, lors de la demande d'autorisation :

Silice	0,014
Bicarbonate de soude	0,885
— de potasse	0,134
— de chaux	0,416
— de magnésie	0,206
Chlorure de sodium	0,028
Sulfate de potasse	0,004
Fer	traces
	1,717

Recherches Personnelles.

Nos résultats sont exprimés en milligrammes et rapportés au litre.

Extrait sec à 100°	— 1.614
Extrait sec à 180°	= 1.428
Matières organiques	= 2,4
Chlorures (en NaCl)	= 32
Sulfates	présence
Alcalinité totale (en CO^3Na^2)	= 1.350

Abaissemt du pt de congélation — Δ = — 0°12

L'eau minérale de la source de Saint-Priest-la-Roche est bicarbonatée mixte. Sa minéralisation est relativement faible, mais elle est assez riche en acide carbonique libre, ce qui lui donne une saveur acidulée très agréable.

Origny et Ouches

Nous étudierons ensemble ces deux stations hydro-minérales, car elles sont très voisines l'une de l'autre et ont certainement la même origine et la même composition. Elles ne présentent d'ailleurs pas un grand intérêt, comme nous allons le voir.

Origny est situé à 3 kilomètres environ au nord-ouest de Roanne. Deux sources minérales ont été découvertes, il y a un siècle environ, sur les bords du Danguis, petit affluent du Renaison. Elles furent autorisées le 25 août 1826. Une tentative d'installation et

d'exploitation fut faite ; un établissement de bains fut construit ; mais l'entreprise ne semble avoir été jamais très florissante. A l'heure actuelle, tout est fermé et abandonné, et les constructions tombent en ruine. Nous n'avons pu obtenir communication de l'analyse faite au moment de la demande d'autorisation, ni nous procurer des échantillons d'eau pour l'étudier.

A une centaine de mètres de là, fut foré, en 1900, un puits qui amena la découverte d'une nappe d'eau minérale, dont l'origine est certainement la même que celle de la précédente. Cette eau est quelque peu exploitée par le propriétaire actuel, M. Matray. L'installation est très sommaire : une pompe, fonctionnant grâce à un moteur, élève l'eau minérale et permet le remplissage des bouteilles, qui ne sont autres que des bouteilles quelconques (type eau minérale), ayant déjà servi et préalablement rincées. Nous avons prélevé des échantillons dans des récipients rigoureusement propres. Voici, exprimés en milligrammes et rapportés au litre, les résultats de nos recherches :

Extrait sec à 180°	= 1,264
Matières organiques	= 1,3
Chlorures (en NaCl)	= 40

Abaissent du pt de congélation — Δ = — 0°09	
Conductivité électrique à 18°	} totale = 15,30 permanente = 9,8
multipliée par 10 ⁴	

Cette eau, assez riche en acide carbonique libre,

est très faiblement minéralisée et ne présente pas un bien grand intérêt. Elle n'est d'ailleurs guère connue et peu consommée.

Pélussin

Il existe à Virieu, commune de Pélussin, dans l'arrondissement de Saint-Etienne, deux sources hydro-minérales. Elles sont contiguës et prennent naissance dans le vallon parcouru par le ruisseau de Cosne.

Ces eaux sont légèrement bicarbonatées mixtes et ferrugineuses. Elles ont été analysées en 1874, par l'Ecole des Mines, qui leur reconnut les compositions suivantes :

	Source gauche	Source droite
Acide carbonique des carbonates	0,0941	0,0638
— libre	0,0093	0,0096
Bicarbonate de chaux	0,0977	0,0823
— de magnésie	0,0162	0,0073
— de fer	0,0422	0,0155
Silice	0,0075	0,0080
Chlorure de sodium	0,0064	0,0060
Sulfate de magnésie	0,0128	0,0155
Matières organiques	0,0120	0,0090
	0,1948	0,1436
Résidu fixe	0,1470	0,1120
(D'après Jacquot et Willm.)		

Ces deux sources furent autorisées le 27 avril 1876 et furent exploitées quelque temps sous le nom d'« eau minérale naturelle du Mont-Pilat ». L'exploitation aurait cessé en 1916 (Gras).

Ces eaux ont une minéralisation insignifiante et ne méritent pas un grand intérêt.

Source des Châtards

Cette source, mentionnée par Rimaux, est située entre Ouches et Saint-Alban, sur la commune de Saint-André-d'Apchon. Des travaux de captage furent entrepris vers 1840, en vue de son exploitation. On lui prêtait, en effet, des propriétés digestives et reconstituantes. A la suite d'une demande d'autorisation, une analyse de ces eaux fut faite par O. Henry, qui déclare, dans son rapport présenté le 29 juin 1841, à l'Académie de Médecine, que « l'eau de Saint-André-d'Apchon ne mérite aucun intérêt ». Il lui attribue la composition suivante : « 0 gr. 21 par litre de matières fixes, composées en grande partie de matière organique brune, de sulfate de soude, avec quelques indices de chlorure de sodium et carbonates terreux ; point de gaz carbonique ni autre de quelque importance ». Naturellement, l'autorisation d'exploiter fut refusée.

Aujourd'hui, cette source est complètement abandonnée et tombée dans l'oubli. Les derniers vestiges des travaux de captage ont disparu et l'eau s'écoule dans le Valat, petit ruisseau aux bords duquel elle jaillit.

Crémeaux

On a signalé plusieurs sources minérales sur le territoire de la commune de Crémeaux. Aucune n'a d'ailleurs jamais été autorisée ni exploitée. Cependant, l'une d'entre elle mérite une mention spéciale, car elle semble avoir été autrefois l'objet de quelques recherches. Elle est située à 4 kilomètres environ de Crémeaux, près du hameau des Molières, au-dessous du Bois-Duivon. Richard de la Prade cite cette source dans ses *Analyses et vertus des eaux minérales du Forez*, en 1778. « Elle a un goût vineux un peu désagréable et serait vraisemblablement très piquante, si elle n'était mélangée avec deux sources d'eau commune qui la dominant. » Grüner la mentionne ; Durand Fardel la rapproche des eaux de Saint-Alban. Elle n'est d'ailleurs plus utilisée que par les habitants voisins.

Etant donné l'éloignement de cette station et le peu de commodité des moyens de communication, nous n'avons pu étudier l'eau de cette source.

Roanne

Au mois de juin 1836, un Roannais, M. Pitre, découvrit par hasard dans une prairie située près de la rivière du Renaison, une source d'eau minérale. L'événement fit, à l'époque, un certain bruit, si l'on en juge par la *Notice sur les eaux minérales ferrugineuses et sulfureuses de Roanne*, que le Docteur Gonin-dard publia, en 1838, et que nous avons eu la bonne fortune de trouver à la Bibliothèque municipale de Roanne.

Des recherches mieux conduites firent découvrir deux sources qui furent « recueillies avec soin, chacune dans un bassin séparé, maçonné avec des pierres granitiques qui les isolaient complètement des eaux douces et étrangères ».

Une analyse qualitative de ces eaux fut faite par le Professeur de chimie du Collège de Roanne, M. L. Banet, docteur ès-sciences, que décela : de l'hydrogène sulfuré, des chlorures, des carbonates de fer, magnésic, chaux, des sulfates et de l'acide silicique. L'année suivante, une nouvelle analyse fut faite par M. Barriel, chef des travaux, à la Faculté des Sciences, qui signala les mêmes éléments et trouva une minéralisation totale de 0 gr. 0977 par litre.

Les deux sources furent autorisées le 9 juin 1838. Le propriétaire crut avoir trouvé une fortune. Mais l'existence des eaux minérales de Roanne fut de

courte durée. Des inondations répétées de la Loire et du Renaison, en 1846, 1848, 1856, obstruèrent les sources et obligèrent à de nouvelles recherches et à de nouveaux captages. Après la crue de 1866, toute tentative pour retrouver les sources fut abandonnée.

A l'heure actuelle, elles sont complètement tombées dans l'oubli.

Fontaine-des-Quatre

Cette source ferrugineuse est située au sud-est de Feurs, à environ 1 kilomètre de cette ville. Elle sourd dans un pré marécageux, à quelques pas de la cour du Domaine des Quatre.

L'existence de cette source est signalée depuis très longtemps. R. de la Prade, dans ses *Analyses et vertus des eaux minérales du Forez*, la mentionne et lui prête la propriété de guérir la fièvre. Plus tard, Rimaux l'étudie dans ses *Eaux minérales du département de la Loire*. Il dit « qu'elle est recueillie dans un seau en bois, qu'elle est sale, mal tenue, nullement abritée et mérite à peine le nom de source minérale ».

L'état de cette fontaine, depuis cette description de Rimaux, ne s'est pas amélioré, bien au contraire. Bien que l'on ait construit un petit mur circulaire autour de cette source, elle ne se trouve pas mieux protégée. Elle s'étale en une large nappe d'eau croupissante,

recouverte d'une pellicule brune. Elle n'est d'ailleurs presque plus utilisée, si ce n'est pour les besoins de la ferme voisine.

Nous avons cependant prélevé un échantillon pour l'analyser. Nous avons trouvé par litre et en milligrammes :

Matières organiques	5
Nitrites	traces
Chlorures (en NaCl)	12,5
Degré hydrotimétrique total	10°
Extrait sec à 100°	201
Extrait sec à 180°	192
Sulfates	traces
Azotates	présence

Conductivité électrique à 18°, multipliée
par 10⁴ : totale 2
Abaissement du pt de congélation — Δ = — 0°01

Cette source, dont le mode de captage est tout à fait défectueux et le débit d'ailleurs trop faible, ne saurait être consommée sans danger.

Avant de clore cette étude et afin d'être complet, nous mentionnerons encore quelques sources minérales dont l'apparition fut signalée à diverses époques dans le département de la Loire. Ces stations qui n'eu-

rent jamais qu'une importance minime, sont aujourd'hui complètement disparues. Nous ne dirons qu'un mot de chacune d'elles.

En 1859, fut découvert à Charlieu une source minérale ferrugineuse. Ses eaux étaient très faiblement minéralisées. Elle fut cependant autorisée le 25 avril 1872, mais ne fut jamais exploitée. Cette source, dont le puits a été comblé, est aujourd'hui complètement oubliée.

Dans sa *Description géologique du département de la Loire*, Gruner signale deux sources minérales : l'une à Perreux, sur les bords du Rhodon, l'autre « tout à fait insignifiante », à Saint-Cyprien, à côté d'Andrésieux. Malgré nos recherches, nous n'avons trouvé à Perreux aucune trace d'eau minérale ; les habitants eux-mêmes en ont oublié jusqu'au souvenir. Le Maire de Saint-Cyprien nous écrit, d'autre part, qu'il n'existe aucune source minérale sur le territoire de sa commune.

Enfin, dans son *Histoire des eaux minérales du Forez*, M. Gras fait mention de sources prétendues minérales, à Ambierle, Lérigneux, Sauvain. Nous n'avons pu obtenir sur elles aucune précision.

CONCLUSIONS

Le département de la Loire est très riche en stations hydro-minérales. Ces sources peuvent être classées en deux grandes catégories.

Les unes, bicarbonatées mixtes, ont une origine nettement volcanique et prennent naissance principalement à la limite des terrains archéens et des terrains d'alluvions. Leurs eaux sont, en général, froides, très fortement chargées d'acide carbonique libre ; leur minéralisation est composée principalement de bicarbonates alcalins et terreux, avec de petites quantités de chlorures et de sulfates alcalins, et accessoirement des traces de fer, de magnésium et de lithium. Ces sources sont peu fréquentées et considérées plutôt comme eaux de table. Cependant, la plupart d'entre elles sont capables de rendre de réels services dans le traitement des diverses affections de l'estomac et de l'intestin, au même titre que les grandes stations bicarbonatées, dont elles se rapprochent par leur composition.

Les autres sources, beaucoup moins importantes,

prennent naissance dans les terrains tertiaires. Elles ont un débit faible, une minéralisation insignifiante, sont froides, légèrement ferrugineuses, parfois sulfureuses, et méritent à peine d'être qualifiées de « minérales ».

Vu :
LE DOYEN,
J. LÉPINE

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,
BARRAL.

Vu et permis d'imprimer :
Lyon, le 16 Février 1924.
LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,
CAVALIER

BIBLIOGRAPHIE

PROCEDES DE RECHERCHES

1. E. BARRAL. — *Précis d'analyse chimique.*
2. F. BAUCHER. — *Analyse chimique et bactériologique des eaux.*
3. E. BONJEAN. — Identification des eaux minérales. Aquamétrie. (*Annales des Falsifications*, juillet 1909.)
4. BOURDON. — *Hydrologie médicale*, 1860.
5. CROLAS et MOREAU. — *Précis de pharmacie chimique.*
6. DIÉNERT et WANDELBULCKE. — Dosage de la silice dans les eaux. (*Bull. Soc. Chimie*, 1923, n° 8.)
7. DHOMMÉE. — Dosage de l'alcalinité de l'eau. (*Bull. Sciences Pharmacologiques*, mars-avril 1916.)
8. FABRE. — Etude sur les méthodes nouvelles employées pour déterminer la réaction des solutions. (*Journal Pharm. et Chimie*, 1922, n° 1 et n° 2.)
9. FLEURY. — *Eaux potables et eaux minérales.*
10. A. FLORENCE. — *Précis d'hydrologie médicale.*
11. FRANCINA. — Etude physique des eaux minérales. (*Thèse méd. Paris*, 1905.)
12. FRÉSÉNIUS. — *Traité d'analyse qualitative et quantitative.*
13. A. GAUTIER et CLAUSMANN. — Le Fluor dans les eaux minérales. (*C. R. Acad. Sciences*, juin 1914.)
14. GRAUX. — Cryoscopie des eaux minérales. (*Thèse méd. Paris*, 1906.)

15. GUILLAUMIN. — Sur la détermination colorimétrique de la concentration en ions H des liquides biologiques. (*Journal Pharm. et Chimie*, n° 6 et n° 7, 1922.)
16. IMBEAUX. — Note sur la relation entre la conductibilité électrique d'une eau et son résidu d'évaporation ou sa dureté. (*Revue d'Hygiène*, 1916, p. 333.)
17. JADIN et ASTRUC. — *Précis d'Hydrologie, de Géologie et de Minéralogie*.
18. KLING. — *Méthodes actuelles d'expertises*.
19. KOPACZEWSKI. — *Théorie et pratique des colloïdes en Biologie et en Médecine*.
20. L. RONNET. — Degré hydrotimétrique des eaux gazeuses. (*Annales des Falsifications*, sept.-oct. 1907.)
21. TOUPLAIN. — *Analyse générale des eaux*.
22. TOUPLAIN. — Sur les procédés d'analyse des eaux. (*Chimie et Industrie*, 1922, n° 4.)
23. VIALIER-RAYNARD. — Contribution à l'étude de quelques propriétés physiques des eaux minérales et de l'eau du Rhône. (*Thèse méd.*, Lyon, 1904.)
24. VILLIERS, COLLIN et FAYOLLE. — *Traité des falsifications et altérations des substances alimentaires. Eaux, boissons et alcools*.
25. WURTZ. — *Dictionnaire de Chimie*.

ETUDES ANTERIEURES

26. ALLÉON-DULAC. — *Mémoires pour servir à l'histoire naturelle du Forez, Lyonnais, Beaujolais*, 1765.
27. *Annuaire administratif et statistique du département de la Loire. Années 1843-1845*.
28. *Annuaire des Eaux de la France. Années 1845, 1854, 1859*.
29. BARANGER. — *Eaux thermales de Sail-les-Bains*, 1880.
30. BAREILLES. — *La France par départements. Loire*.
31. BERNARD. — *Histoire du Forez*.
32. BERNARD. — *Notice sur le théâtre antique et les autres monuments historiques du bourg de Moind*, 1848.
33. BILLET. — *Forez et Beaujolais*, 1899.
34. BONNARD. — *La Gaule thermale*, 1908.
35. BUCHOZ. — *Dictionnaire des Eaux minérales*, 1775.
36. CARRÈRE. — *Catalogue raisonné des Eaux minérales*, 1795.

37. CARTIER. — *Notice et analyse des Eaux minérales de Saint-Alban*, 1816.
38. CONSTANTIN JAMES. — *Guide pratique des eaux minérales françaises et étrangères*, 1861.
39. COLLET. — *Notice sur les Eaux minérales de Saint-Alban*, 1907.
40. DU CLOS. — *Observations sur les Eaux minérales de quelques provinces de France*, 1675.
41. DUMOULIN. — *Bibliographie critique de l'histoire du Forez*, 1900.
42. DURAND FARDEL. — *Dictionnaire des Eaux minérales*, 1860.
43. DURAND FARDEL. — *Traité thérapeutique des Eaux minérales*.
44. GOIN. — *Eaux minérales de Saint-Alban*, 1834.
45. L.-J. GRAS. — *Histoire des Eaux minérales du Forez*, suivie de notes historiques sur l'industrie de la verrerie en Forez et Jarez, 1923.
46. GONINDARD. — *Notice sur les Eaux minérales ferrugineuses et sulfureuses de Roanne*, 1838.
47. GORJUX. — *Recherches sur les Eaux minérales de l'Hel-lade, Italie et Gaule, aux temps anciens. (Thèse, 1913.)*
48. GREPPO. — *Etudes archéologiques sur les Eaux thermales ou minérales de la Gaule à l'époque romaine*. 1846.
49. GRUNER. — *Description géologique du département de la Loire*, 1857.
50. GRUNER. — *Note sur le trou de sonde de Montrond en Forez. (Bull. Soc. de Géologie de France, 5 déc. 1881.)*
51. DE LA HARPE. — *Gazette des Eaux*.
52. JACQUOT et WILLM. — *Eaux minérales de la France*, 1894.
53. JANNESSON. — *La destruction de Moind et de Chaysieu et l'invasion de Chrocus dans les Gaules. (Bulletin de la Diana, 1889-1890.)*
54. MALEGUE. — *Essai d'une étude sur les eaux minérales dans les départements de la Loire, Haute-Loire, Allier. (Thèse Pharm., Montpellier, 1886.)*
55. MERLE DESISLE. — *Notice sur les Eaux minéro-thermales de Sail-lès-Châteaumorand*, 1847.
56. MOLLIÈRE. — *Captage des sources minérales romaines*, 1893.
57. MONTÉGUT. — *Bourbonnais et Forez*, 1895.

58. MUNARET. — *Les trois sources de Saint-Galmier*, 1850.
 59. DE LA MURE. — *Histoire universelle du pays de Forez*, 1674.
 60. NIELS TEILING. — *La cure thermale de Sail-les-Bains dans le traitement des dermatoses irritables et particulièrement de l'eczéma*.
 61. Th. NOGIER. — Sur la radio-activité des eaux de Sail-les-Bains. (*Lyon médical*, 25 mai 1922.)
 62. OGIER Théodore. — *La France par cantons et par communes*.
 63. PARMENTIER. — *Sail-les-Bains. Traitement des dermatoses*, 1920.
 64. PATISSIER et BOUTRON-CHARLARD. — *Manuel des eaux minérales*, 1837.
 65. PÉLADAN. — *Guide pittoresque, historique et médical de Saint-Alban*, 1868.
 66. PÉTREQUIN et SOCQUET. — *Traité pratique des eaux minérales de France et de l'étranger*, 1859.
 67. PORCHERON. — *Guide pratique aux villes d'eaux, stations climatiques, plages maritimes françaises*.
 68. PRAJOUX. — *Saint-Alban-les-Eaux et la Madeleine*, 1921.
 69. RAULIN. — *Traité analytique des eaux minérales*, 1774.
 70. REURE. — Chlorose et neurasthénie : leur traitement à Saint-Alban. (*Lyon médical*, 20 mars 1904.)
 71. R. DE LA PRADE. — *Analyses et vertus des eaux minérales du Forez*, 1778.
 72. RIMAUx. — *Des eaux minérales du département de la Loire*, 1860.
 73. TOUCHARD-LAFOSSE. — *La Loire pittoresque et biographique*.
 74. VAN DER ELST. — *La station de Saint-Alban-les-Eaux*, 1914.
 75. VIDARD. — *Manuel d'Hydrothérapie*, 1868.
-

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS.....	7
INTRODUCTION	9
CHAPITRE PREMIER. — Généralités sur les Eaux Minérales	11
CHAPITRE II. — Constitution Géologique du Départe- ment de la Loire	14
CHAPITRE III. — Classification des Sources Minérales.	18
CHAPITRE IV. — Méthodes de Recherches	21
CHAPITRE V. — Sail-les-Bains ou Sail-les-Château- morand	38
Montrond-les-Bains	45
Saint-Galmier	53
Sail-sous-Couzan	57
Saint-Romain-le-Puy.....	61
Montbrison et Moingt.....	64
Renaizon.....	68
Saint-Alban	70
Sail-en-Donzy	74
Juré	76
Saint-Priest-la-Roche	78
Origny et Ouches	80
Pélussin	82
Source des Châtards	83
Crémeaux.....	84
Roanne	85
Fontaine-des-Quatre	86
Autres Sources.....	87
CONCLUSIONS	89
BIBLIOGRAPHIE	91

